UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA FORESTAL

ESTUDIO DEL ESTADO EROSIVO DE LAS CUENCAS VERTIENTES AL RÍO GUADARRAMA A SU PASO POR CARRANQUE (TOLEDO).

AUTOR: D. MIGUEL FLORENSA LORENTE

TUTORA: DÑA. MARGARITA ROLDÁN SORIANO

Enero de 2012

ÍNDICE GENERAL: Págs.

AGRADECIMIENTOS:

Es mi deseo agradecer a todas aquellas personas, unidades docentes e instituciones que me han proporcionado información, mapas, material de campo y que asimismo me han asesorado en la elaboración de este Proyecto Fin de Carrera.

En especial quiero agradecer: a María Ángeles del Ayuntamiento de Carranque, por haberme entregado estudios de suelo y el mapa catastral georreferenciado; a Belén Patón, Directora del Parque Arqueológico de Carranque, que me ha facilitado en todo momento documentación del Parque y del entorno del río Guadarrama; a Luzmila Madrigal Ibáñez por su inestimable ayuda en el laboratorio de Química

Por último, me gustaría mencionar a la Unidad Docente de Hidráulica e Hidrología y dentro de ella a Leticia Carrero quien me ha guiado en todo momento en el manejo del ArcGIS, y ante todo a Margarita Roldán Soriano, mi tutora del Proyecto, y la persona que más me ha ayudado durante todo este proceso y que más paciencia ha tenido conmigo.

A todos ellos muchas gracias.

1. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN:

El presente Proyecto Fin de Carrera viene motivado por el conocimiento de la existencia de fenómenos erosivos y de degradación edáfica en Carranque (Toledo). Se enmarca dentro del interés general y de las iniciativas de algunas Administraciones Públicas de frenar los procesos erosivos y de pérdida de calidad edáfica de gran parte de nuestra geografía, así como promover la preservación y restauración de dichas zonas. Prueba de ello son:

a) la declaración del Parque Regional del Curso Medio del Guadarrama y su Entorno, que limita con el área de estudio.

b) el Inventario Nacional de Erosión de Suelos.

c) la declaración y el Plan de Ordenación del Parque Arqueológico de Carranque.

En este escenario, destacamos la labor realizada por el Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino, que trata de abordar dicha problemática mediante la elaboración del Inventario Nacional de Erosión de Suelos (INES), aunque actualmente la provincia de Toledo no posea información al respecto. En aras de una mejor compresión de la dimensión legal del INES, se remite a la web del MARM (www. marm.es): el INES "forma parte del Inventario Español del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, a través de la estadística forestal según establece el Plan Forestal Español, la Ley 43/2003, de 21 de Noviembre, de Montes y la Ley 42/2007, de 13 de diciembre del Patrimonio Natural y la Biodiversidad."

Si acudimos al "Decreto 58/2003, de 29 de abril, por el que se declara el Parque Arqueológico de Carranque, localizado en Carranque y Casarrubios del Monte (Toledo)", se entiende la importancia de preservar el entorno del Parque Arqueológico, debido a su patrimonio histórico, arqueológico y ambiental. Estas circunstancias, hacen necesaria la preservación del espacio físico que en parte pertenece al área de Estudio.

Con todo ello, el estudio y conocimiento de su estado erosivo actual será una herramienta clave para la toma de decisiones de gran trascendencia en materia medioambiental, socioeconómica y cultural.

2. OBJETO DEL PROYECTO:

Los objetivos para el presente Proyecto Fin de Carrera son:

- **Evaluar el estado erosivo actual y delimitar las zonas y usos con mayores problemas erosivos en varias cuencas y laderas vertientes al río Guadarrama a su paso por Carranque (Toledo).**

- **Proponer para los diferentes usos actuaciones y la implementación de prácticas de conservación, con carácter general, así como medidas de restauración o mitigación de la erosión en las zonas más erosionadas en particular.**

Para ello, necesitamos:

1) Recabar la información medioambiental y socioeconómica más relevante.

2) Caracterizar por mapas los diferentes parámetros del modelo RUSLE, a partir de las parcelas de muestreo y su generalización al conjunto de cuencas

3) Elaborar un mapa de pérdidas de suelo promedio en $t * ha^{-1} * año^{-1}$.

4) Analizar el avance de una cárcava mediante el método del transecto de cárcavas.

Primero se caracterizará el medio natural y socioeconómico de la zona de estudio. Ayudados por la observación directa en campo, se elegirán parcelas características de los distintos usos y zonas. Posteriormente, se calcularán los diferentes parámetros recogidos en la Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo Revisada, conocida como "R.U.S.L.E." por sus siglas en inglés y computadas bajo el software RUSLE 1.06c. A partir de dicho modelo, se estimará las pérdidas de suelo por erosión laminar y en regueros debida a los procesos de escorrentía superficial y salpicadura de la gota de lluvia.

Por medio del "ArcGIS" se acoplarán los mapas de los diferentes factores de la ecuación RUSLE, a partir de los mapas nº4, 5 y 6 creados expresamente para ello. El producto de los 6 factores contenidos en cada uno de los recintos resultantes de la superposición de factores, obtendrá un determinado valor de pérdidas de suelo. Para una mejor visualización de los resultados, se establecerán intervalos de pérdidas de suelo siguiendo aquellos normalmente

utilizados en los estudios de erosión y que podrán ser consultados en el Mapa de pérdidas de suelo y otras tablas con resúmenes estadísticos-

Una vez analizados los factores que explican la pérdida de suelo actual en Carranque, delimitados en el espacio y estimados numéricamente las perdidas de suelo para cada uso del suelo o tipo de vegetación, se proponen actuaciones para paliar la situación actual. Estas se concretan en una serie de medidas de conservación, correctoras y de mitigación. Asimismo, se argumentaran posibles alternativas para el desarrollo de usos más racionales del suelo, incluidos los aprovechamientos agrícola y forestal-ganadero.

Los procesos de encarcavamiento son frecuentes en la zona, por lo que merecen un estudio por separado allá donde se producen. Se delimitará su situación fisiográfica y se estudiará el aumento volumétrico de una cárcava tras un episodio de lluvias. Se proporcionará en dichas zonas una serie de recomendaciones conducentes a la estabilización de las cárcavas, aunque se requiere mayor profundidad en su estudio.

3. CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO NATURAL:

3.1- Localización:

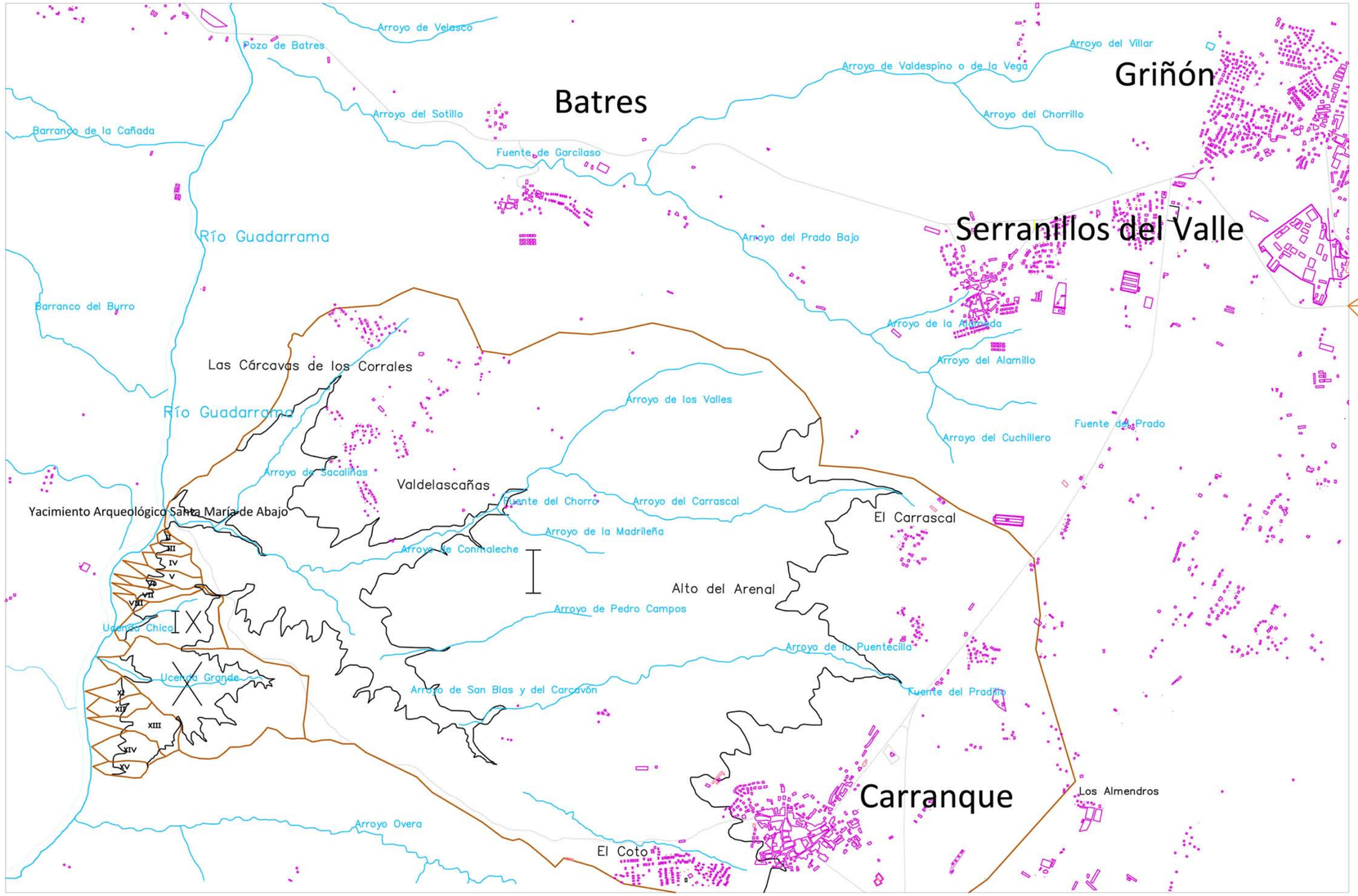
Se estudian una serie de cuencas y laderas vertientes al río Guadarrama en su tramo medio, localizadas en la **margen izquierda** y opuesta al yacimiento arqueológico romano, a su paso por la localidad toledana de Carranque. Dista 35 km al sur-suroeste de Madrid y unos 40 km al norte de Toledo. Las cuencas hidrográficas incluyen parte de Serranillos del Valle, Batres y Ugena.

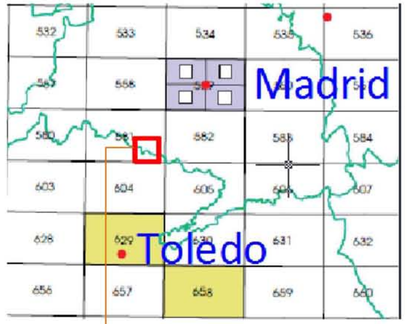
Término municipal (Provincia)	Superficie (ha)	% Sup.
Batres (Madrid)	1,8	0,1
Carranque (Toledo)	**1541,1**	**77,7**
Serranillos del Valle (Madrid)	262,8	13,3
Ugena (Toledo)	178	9
Total	**1983,7**	100

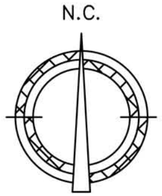
Tabla 1. Distribución superficial del área de estudio por Término Municipal.

La mayor parte del área estudiada pertenece al municipio de Carranque, donde existe mayor fragilidad y riesgo de sufrir procesos erosivos severos, aunque el enclavado del municipio de Serranillos del Valle situado en la desembocadura del Arroyo de San Blas también los presenta. Por ello, el área de estudio se centrará en Carranque.

Para la delimitación, se parte del mapa catastral de Carranque georreferenciado en AutoCAD, así como de la "Orden TAP/2018/2011, de 30 de mayo, por la que se aprueba el deslinde entre los términos municipales de Serranillos del Valle (Madrid) y Carranque (Toledo) en la zona de las Cárcavas".







— Curvas de nivel directoras

— Delimitación de cuencas

IX Numeración de cuencas

Arroyo del Sotillo

Carreteras principales

Griñón Término municipal

El Coto Topónimos de interés

Núcleos urbanos y edificaciones

ESTUDIO DEL ESTADO EROSIVO DE LAS CUENCAS VERTIENTES AL RÍO GUADARRAMA A SU PASO POR CARRANQUE (TOLEDO)

Plano n º 1	Mapa de situación
Hoja 1 de 1	Fecha: 15.11.2011
Escala 1 : 25.000	Autor: Miguel Florensa Lorente
500 m 1000 m	Fdo. :

3.2- Caracterización de las cuencas hidrográficas:

3.2.1- Elaboración del mapa topográfico y de la red hidrográfica:

A falta de estudios del subsuelo, la línea contorno está referida a las divisorias topográficas que encierran las diferentes cuencas, a partir del mapa topográfico **581-IV "El Álamo"**, a escala 1: 25 000 proporcionado por el centro de descargas del C.N.I.G. Estas líneas contorno se dibujan aquí de color granate.

Para el mapa de la red hidrográfica, se parte del citado mapa topográfico. En azul más intenso se dibujan los arroyos estacionales. El resto de vaguadas, de color cian, son cursos efímeros y vierten directamente a los arroyos; llevando cierto caudal sólo durante episodios de lluvias. El mapa topográfico tiene una equidistancia de 10 m, y las curvas de nivel directoras se presentan cada 50 m, coincidiendo con las altitudes de 550m, 600m y 650m.

3.2.2- Elaboración del mapa de pendientes:

Este mapa se ha elaborado a partir del mapa topográfico descrito en 3.2.1. Mediante AutoCAD 2012, se insertan círculos en línea de máxima pendiente entre cada dos curvas de nivel consecutivas. Si la distancia horizontal es superior al diámetro del círculo que define un intervalo y este diámetro es el máximo posible, entonces entra dentro de dicho intervalo de pendientes.

Para la separación entre diferentes intervalos de pendientes se siguió al principio el criterio de "INES, 2002" en 6 intervalos. Con esta zonificación se quería conseguir unidades de pendientes homogéneas en ladera. Como el sector occidental es muy accidentado con bastantes cambios de pendiente y se halla muy compartimentado, se ha optado por hacer una nueva agrupación de pendientes en 10 categorías. Para ello, se calcula la pendiente media de sectores contiguos, para facilitar el manejo informático y para precisar más el valor del factor S.

3.2.3- Descripción de la red hidrográfica:

El área de estudio pertenece a la Confederación del Tajo y vierte directamente sus aguas sobre el tramo medio del río Guadarrama. Dicho río tiene una longitud de unos 131,8 km y su cuenca abarca 1.708 km^2. Es comparativamente con su longitud, una de las cuencas más reducidas de la vertiente meridional de la Sierra de Guadarrama y cuenta tan sólo con un afluente de relevancia, el río Aulencia. Como la mayoría de los ríos que van a morir al Tajo

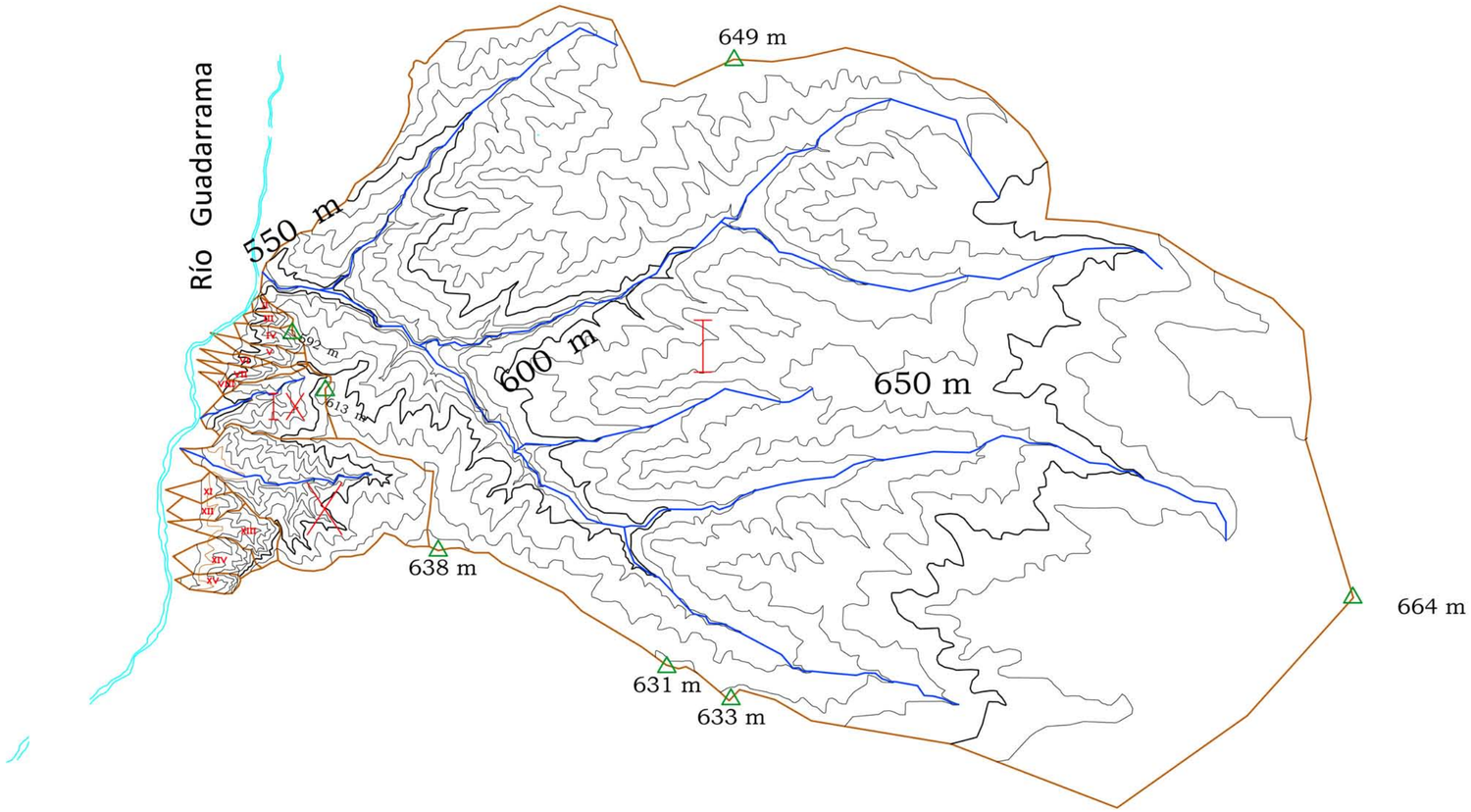
provenientes de Madrid, su curso discurre de norte a sur desde el Sistema Central. A medida que se aleja de ella, su caudal tiende a disminuir por el bajo aporte de sus tributarios, por lo que se usó como vado para el paso de ganado durante el estiaje.

El Guadarrama representa un cinturón verde, bastante estrecho y degradado en composición, aunque con zonas bien conservadas. En la Comunidad de Madrid se planteó su conservación y restauración como medio de protegerlo de una mayor degradación y de la urbanización, así como para mejorar la calidad de sus aguas y evitar los vertidos. Este hecho se concreta en la declaración de la parte del tramo medio perteneciente a Madrid, en el conocido "Parque Regional del Curso Medio del Río Guadarrama y su Entorno", lo que trasciende en la medida que una ligera franja colinda y afecta al área estudiada en este Proyecto.

A continuación se presentan los parámetros más importantes de la red hidrográfica de las cuencas objeto de estudio medidas con el AutoCAD 2012.

Cuenca	Superficie (ha)	Superficie en %	Perímetro (m)	Tipo de Curso	L cursos (m)	Magnitud del curso principal
I	1844,41	92,98	17993	Estacional	16040	4
II	0,96	0,05	466	Efímero	-	-
III	2,13	0,11	668	Efímero	-	-
IV	4,17	0,21	1036	Efímero	-	-
V	3,94	0,2	1256	Efímero	-	-
VI	1,85	0,09	907	Efímero	-	-
VII	3,81	0,19	1374	Efímero	-	-
VIII	1,3	0,07	612	Efímero	-	-
IX	21,84	1,10	2169	Estacional	680	1
X	71,55	3,61	3994	Estacional	1214	1
XI	3,15	0,16	878	Efímero	-	-
XII	4,5	0,23	1037	Efímero	-	-
XIII	9,36	0,47	1701	Efímero	-	-
XIV	7,38	0,37	1240	Efímero	-	-
XV	3,32	0,17	850	Efímero	-	-
TOTAL	**1983,68**					

Tabla 2. Principales parámetros de la red hidrográfica.



N.C.

650 m — Curvas de nivel directoras

Curvas de nivel secundarias
Equidistancia de 10 m

664 m △ Picos, altitud

Delimitación de cuencas

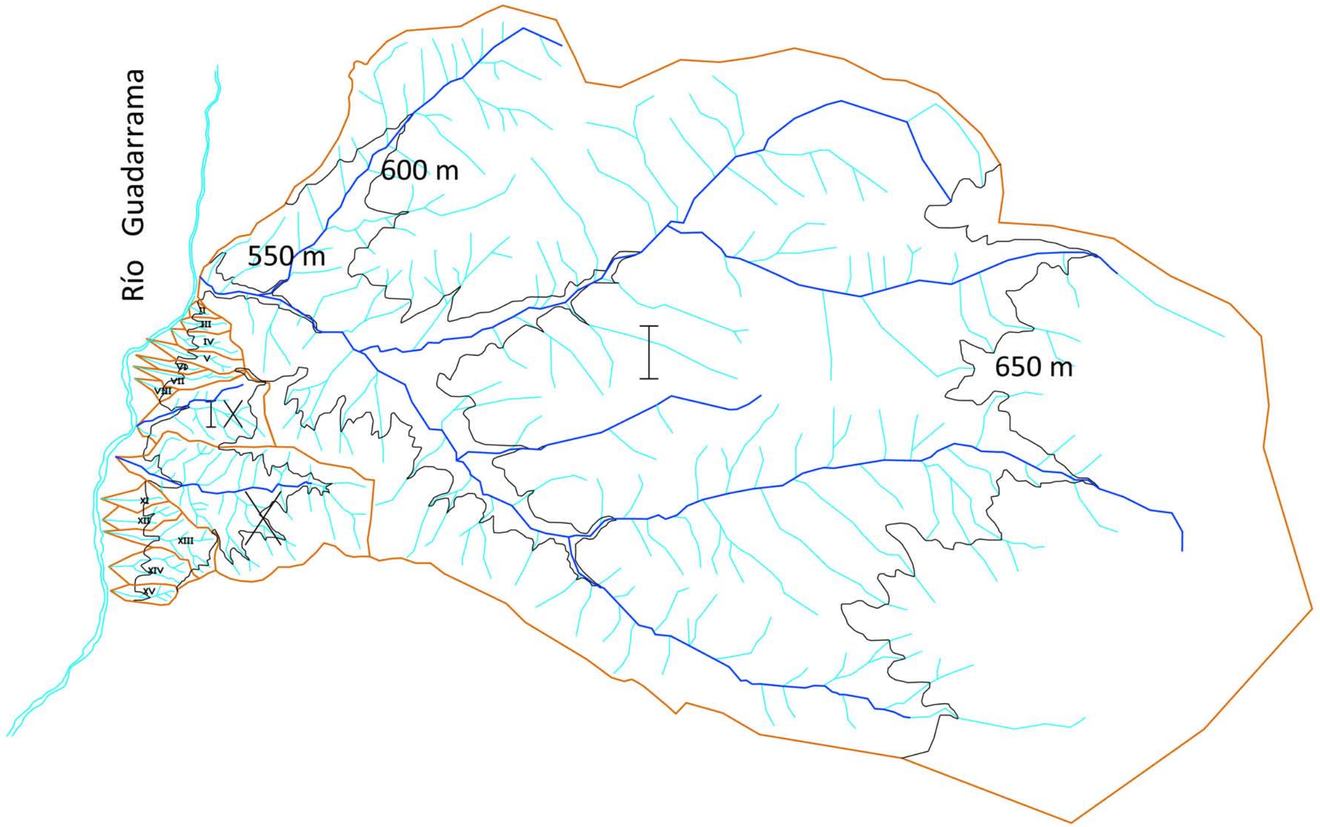
IX Numeración de cuencas I , I I ,..., XVI

Arroyos

Río Guadarrama

ESTUDIO DEL ESTADO EROSIVO DE LAS CUENCAS VERTIENTES AL RÍO GUADARRAMA A SU PASO POR CARRANQUE (TOLEDO).

Plano nº3	Mapa topográfico
Hoja 1 de 1	Fecha: 15.11.2011
Escala: 1 : 25.000 (500 m – 1000 m)	Autor: Miguel Florensa Lorente Fdo. :



N.C.

650 m — Curvas de nivel directoras

Delimitación de cuencas

IX Numeración de cuencas I , II ,..., XVI

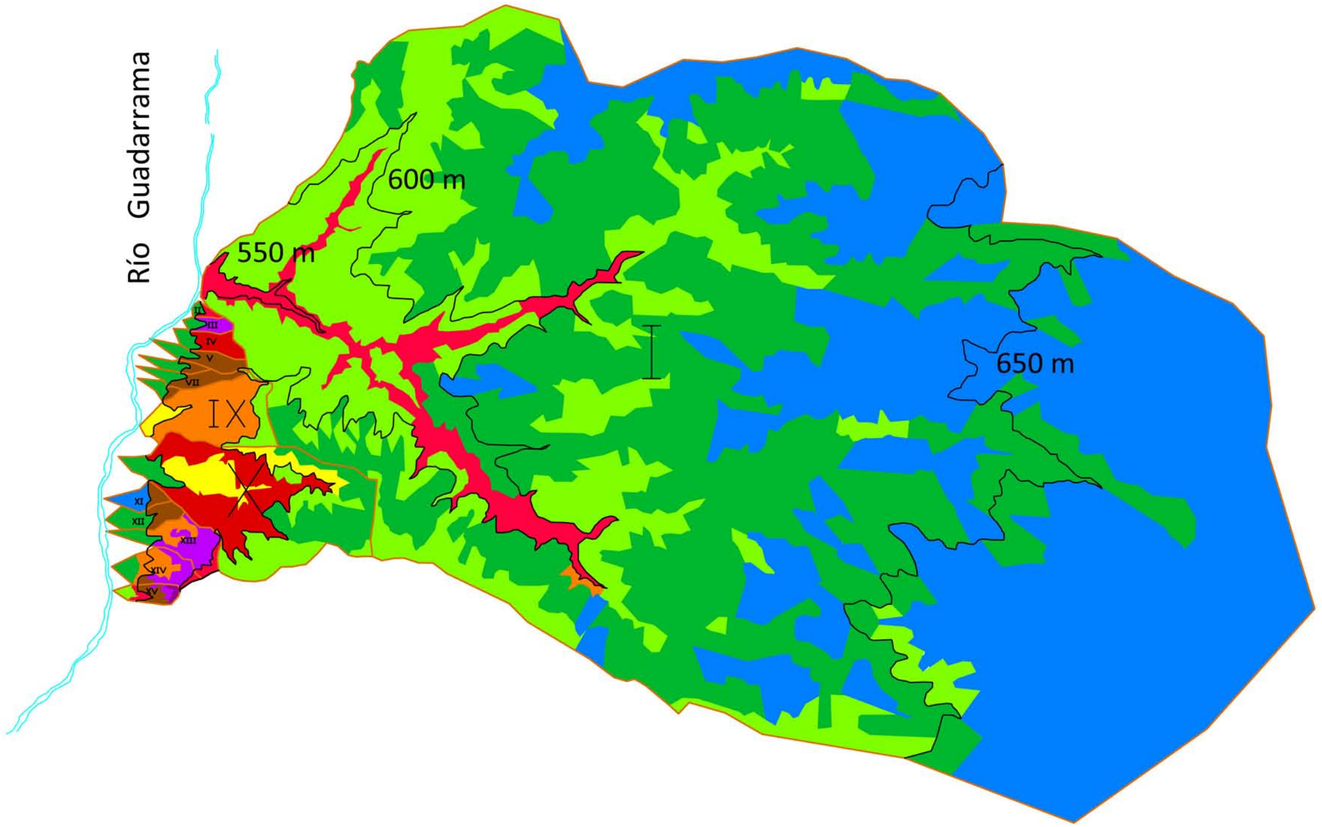
Arroyos

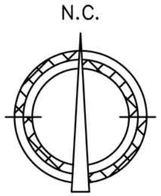
Vaguadas naturales del terreno

Río Guadarrama

ESTUDIO DEL ESTADO EROSIVO DE LAS CUENCAS VERTIENTES AL RÍO GUADARRAMA A SU PASO POR CARRANQUE (TOLEDO).

Plano nº 2	Mapa de la red hidrográfica
Hoja 1 de 1	Fecha : 15.11.2011
Escala: 1 : 25.000 (500 m – 1000 m)	Autor: Miguel Florensa Lorente Fdo. :





650 m — Curvas de nivel directoras

Delimitación de cuencas

IX Numeración de cuencas I, II,..., XVI

Río Guadarrama

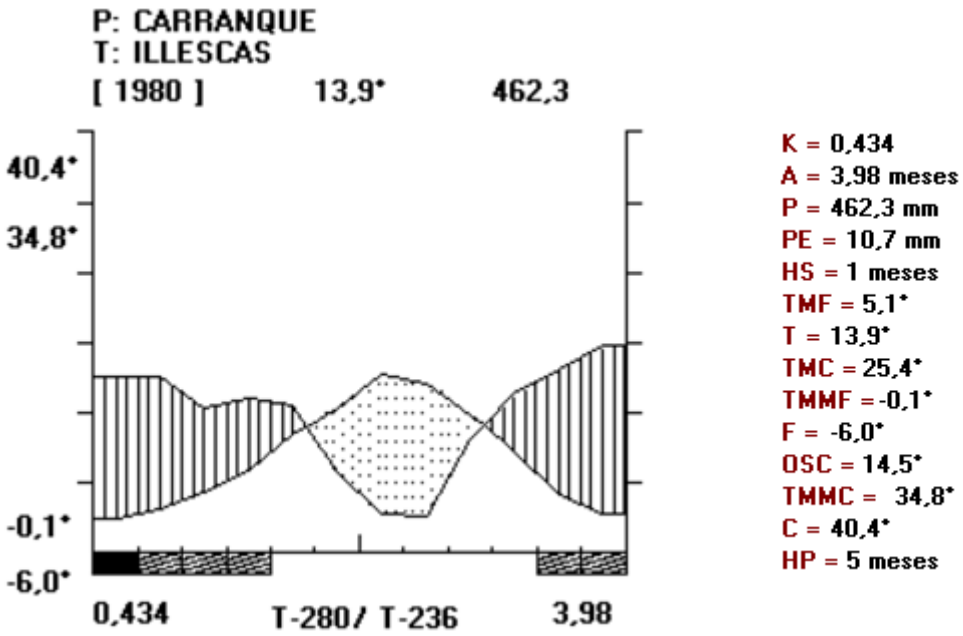
- pdte < 5 %
- 5 % < pdte < 10 %
- 10 % < pdte < 17,5 %
- 17,5 % < pdte < 22,5 %
- 22,5 % < pdte < 27,5 %
- 27,5 % < pdte < 32,5 %
- 32,5 % < pdte < 37,5 %
- 37,5 % < pdte < 42,5 %
- 42,5 % < pdte < 50 %
- pdte > 50 %

ESTUDIO DEL ESTADO EROSIVO DE LAS CUENCAS VERTIENTES AL RÍO GUADARRAMA A SU PASO POR CARRANQUE (TOLEDO).

Plano nº4	Mapa de pendientes
Hoja 1 de 1	Fecha: 15.11.2011
Escala: 1 : 25.000 (500 m – 1000 m)	Autor: Miguel Florensa Lorente Fdo. :

3.3- Climatología:

Los datos que aquí se recogen proceden de las estaciones climatológicas de Carranque (pluviométrica) e Illescas (termo-pluviométrica). Los datos de temperaturas se han extrapolado de la estación de Illescas, al ser la estación más próxima a la zona de estudio que dispone de ellos y tener ambas zonas un comportamiento anual semejante. A continuación se presenta el climodiagrama de Walter y Lieth, elaborado a partir del software CLIMOAL (MANRIQUE, 1997).



→Subtipo fitoclimático: Mediterráneo Genuino

→Subregión fitoclimática de Allué Andrade (1995): IV_4 aunque limitando con IV_3. Clima mediterráneo continental.

Notas:

* No se disponen de datos actuales de la zona de Carranque, y las estaciones anteriores no se encuentran operativas en la actualidad. Es por ello, que se recogen datos climatológicos que terminan en el año 1980 (Información facilitada por AEMET). La información del Climodiagrama se puede consultar en el **Apéndice nº1**.

* La TMMF o temperatura media de las mínimas del mes más frío es para Illescas, situada en valle, de -0,1ºC, lo que da un subtipo IV $(VI)_1$. Se debe corregir, dado que Carranque no está en valle y su TMMF es seguro > 0ºC.

3.4 Suelos. Mapa edafológico:

La red hidrográfica del río Guadarrama en su tramo medio discurre de norte a sur por medio de las denominadas "facies de Madrid", que se componen de "sedimentos procedentes de la denudación del Sistema Central, sobre todo de arenas y arcillas", con cantos de gneis y granito de tamaños diferentes y ricos en cuarzo, que "se reducen a medida que nos alejamos de la fuente de origen" (RODRÍGUEZ, 1984).

Como resultado de la poca consistencia de estos sedimentos, la red hidrográfica que se ha desarrollado sobre ellos se caracteriza por un "sistema dendrítico de barrancos que acompañan a cada arroyo intermitente". (RODRÍGUEZ, 1984).

En resumen, el suelo del entorno del río Guadarrama es de tipo sedimentario dendrítico y se engloba dentro de las llamadas lomas y terrazas sobre arcosas miocenas de la cuenca del Tajo. Los **perfiles edáficos** típicos se sitúan dentro de uno de los tres mencionados a continuación:

Regosoles de carácter ácido (Rd):

Los regosoles de carácter ácido (Rd) se han desarrollado a lo largo del valle fluvial del Guadarrama y sus afluentes occidentales, restringiéndose este suelo a los depósitos aluviales de los arroyos de San Blas del Arenal y del Carcabón, y a las laderas y microcuencas situadas en el sector oeste.

La naturaleza del material (arcosas, arenas y arcillas) condiciona el carácter ácido de los mismos. Su perfil es del tipo **A / C**, no existe horizonte de diagnóstico alguno, excepto un ócrico superficial. Son los suelos menos evolucionados.

Tierra parda meridional-Cambisoles (Bd):

El cuadrante central-occidental del área de estudio se encuadra, con carácter general, dentro de la tierra parda meridional con un perfil **A / (B) / C**, formado a partir de sedimentos también silíceos, con mayor o menor grado de consolidación. "El poco espesor de su horizonte (B) es el resultado de su localización, ya que suelen situarse sobre pendientes medianas, con tendencia a la erosión y por ello, apenas se encuentran cultivados" (RODRÍGUEZ, 1984).

Luvisoles órticos (Lo):

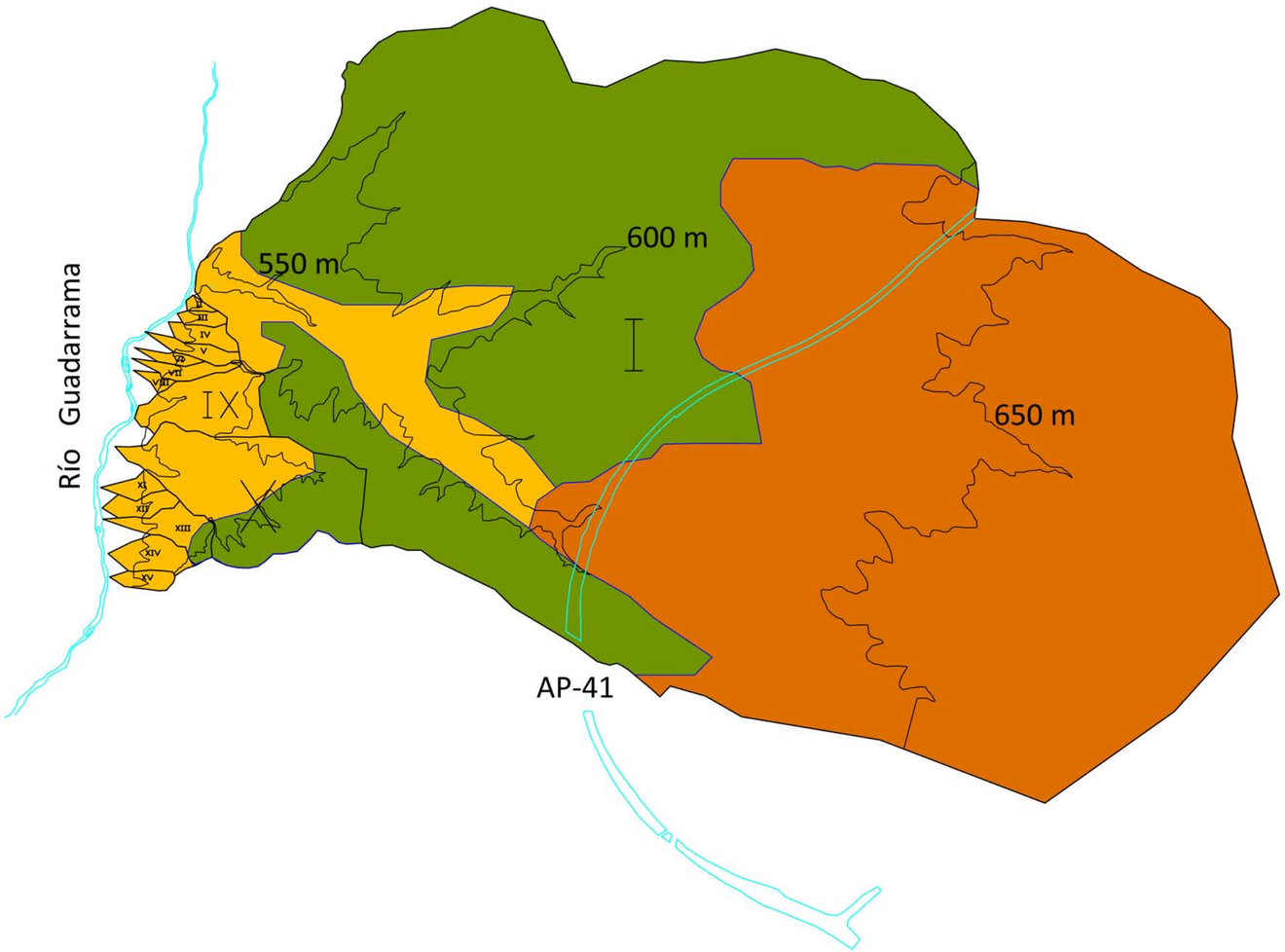
Similares a los cambisoles anteriormente mencionados, pero con un horizonte B argílico de color pardo, bajo un horizonte A también ócrico, es decir, poseen un perfil **A / B /C** bien diferenciado. Ocupa posiciones más o menos llanas en el cuadrante central-oriental, lo que hace a estas tierras más adecuadas para el cultivo.

En **resumen**, en la comarca de la Sagra y por abstracción en Carranque, predominan las formas edáficas poco evolucionadas como consecuencia de unas condiciones climáticas poco favorables. Los aprovechamientos agrícolas son de secano, en general, al cereal, a la vid y al olivo, a pesar de que la abundancia de arena en el sustrato no les aporta un óptimo desarrollo vegetativo. Los suelos originados en estas condiciones se clasifican dentro de los suelos pardos no cálcicos.

A partir de la información, se desprende que las clases texturales más frecuentes son las arenosa-francas, franco-arenosas y franco arcillo-arenosas, ésta última más probable a mayores cotas.

Mapa edafológico:

Se ha dispuesto de los Mapas Edafológicos Provinciales de Toledo y de Madrid hallados en el Instituto de Ciencias Agrarias del C.S.I.C. Existen entre ambos mapas diferentes criterios clasificatorios. Nos decantamos por el criterio seguido para el Mapa Provincial de Toledo, al ser más coherente con la observación en campo.



N.C.

650 m — Curvas de nivel directoras

— Delimitación de cuencas

Río Guadarrama

Regosoles dístricos sobre Arcosas

Cambisoles dístricos sobre Arcosas

Luvisoles órticos sobre Arcosas

ESTUDIO DEL ESTADO EROSIVO DE LAS CUENCAS VERTIENTES AL RÍO GUADARRAMA A SU PASO POR CARRANQUE (TOLEDO).

Plano n º 5	Mapa edafológico
Hoja 1 de 1	Fecha : 15.11.2011
Escala: 1 : 25.000 (500 m – 1000 m)	Autor: Miguel Florensa Lorente Fdo. :

3.5 Usos del suelo. Mapa de usos del suelo:

Para su realización, se parte del registro catastral, facilitado por el Ayuntamiento de Carranque. Dicho registro fue digitalizado en formato de AutoCAD, lo que permite su acoplamiento con otros mapas. Se agrupan primero todas las zonas correspondientes a un mismo uso del suelo. A continuación, se crean recintos en ellas con sombreado para su mejor distinción y para medir su área.

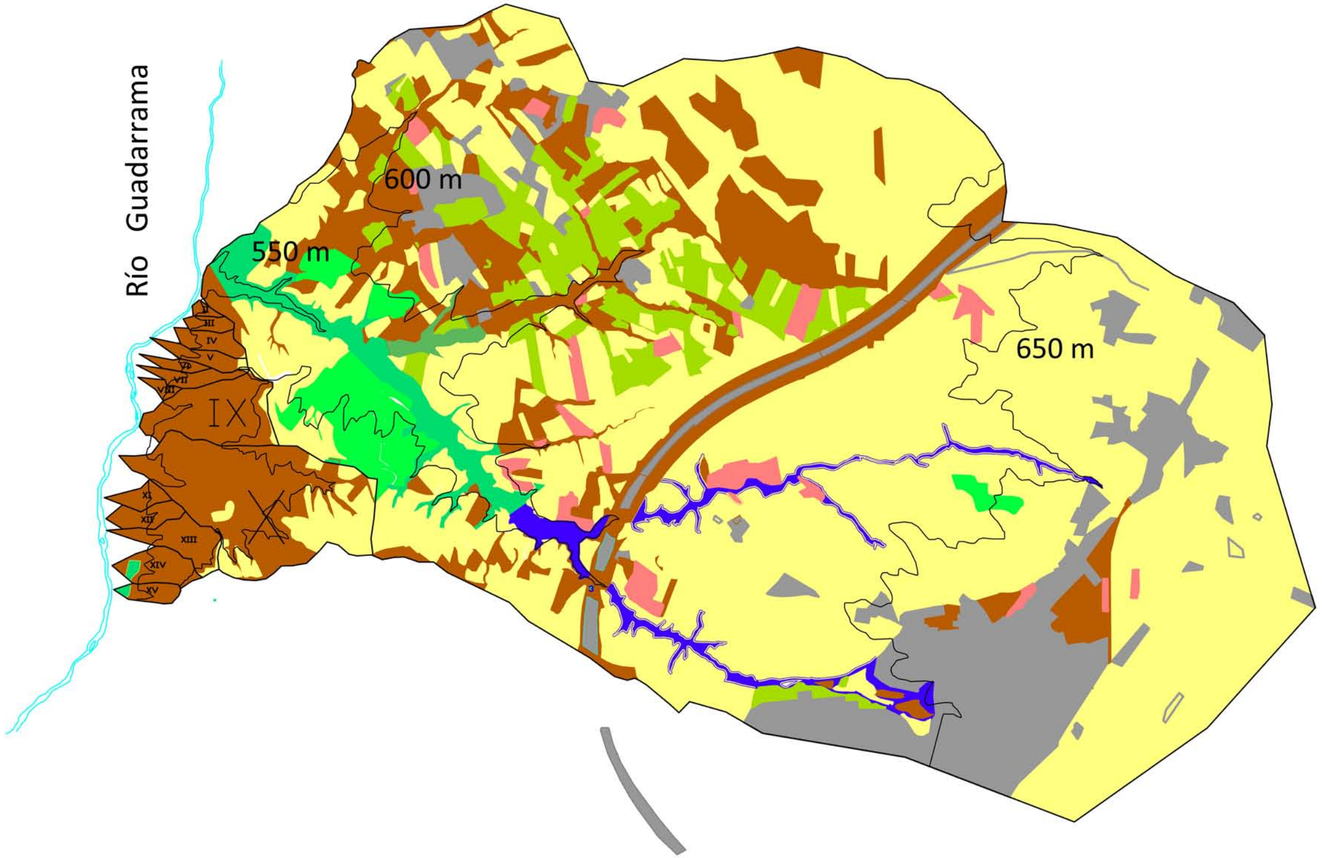
USO DEL SUELO	CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	COLOR
ÁGRICOLA	Cultivos herbáceos	Cultivos de secano	Crema
	Cultivos leñosos	Almendros y Olivos	Verde oliva
		Viñas	Fucsia
FORESTAL-GANADERO	Matorral-pastizal	En solana o indiferente	Pardo
	y erial a pastos	En umbría	Marrón
	Vegetación de ribera	Chopos	Azul
	Repoblaciones maduras. Edad > 30 años	Pinares con Fcc > 90%;	Verde
	Repoblaciones jóvenes. Edad <15 años	Pinares con Fcc < 90%	Verde
ZONA	Zona Urbana	edificios, caminos y otras infraestructuras	Gris

Tabla 3: Código de colores de los diferentes usos del suelo.

USO	*Cereal*	*Olivo*	*Viña*	*Repoblación madura*	*Repoblación joven*	*Matorral umbría*	*Matorral solana*	*Zona Urbana*	**TOTAL:**
ÁREA (ha)	1116,5	99,4	44,6	53,4	44,8	54,9	352,7	217,4	1983,7
ÁREA %	56,3	5,0	2,2	2,7	2,3	2,8	17,8	11,0	100

Tabla 4. Distribución por superficies de los diferentes usos del suelo.

Los datos registrados en el catastro son más actuales y tienen mayor precisión que el mapa forestal y de cultivos consultados. Estos últimos, pertenecen a la Hoja 581, a escala 1:50.000 "Navalcarnero" y nos dan información complementaria que también recogemos en el apartado vegetación.



N.C.

650 m — Curvas de nivel directoras

— Delimitación de cuencas

Río Guadarrama

- Cultivos cerealistas de secano (trigo, cebada)
- Viñedos de secano
- Olivares de secano
- Matorral bajo - pastizal y erial a pastos
- Repoblación de masa adulta (Pinus halepensis, Pinus pinea)
- Repoblación joven (Pinus pinea, Quercus ilex)
- Vegetación de ribera (Populus x canadensis)
- Zona urbana

ESTUDIO DEL ESTADO EROSIVO DE LAS CUENCAS VERTIENTES AL RÍO GUADARRAMA A SU PASO POR CARRANQUE (TOLEDO).

Plano nº6	Mapa de usos del suelo
Hoja 1 de 1	Fecha: 15.11.2011
Escala: 1 : 25.000 500 m 1000 m	Autor: Miguel Florensa Lorente Fdo. :

3.6 Descripción de la vegetación:

Analizando los datos climatológicos y prospectando zonas cercanas, se deduce que la serie clímax del entorno del río Guadarrama por su tramo medio corresponde al encinar de *Quercus ilex* subsp. *ballota.* "RODRÍGUEZ, 1984", explica sobre esta región que: "La vegetación originaria de este espacio mesetario (seguramente quercetum ilicis) ha desaparecido bajo la acción del hombre, a la que ha coadyuvado la marcada aridez del clima. El matorral existente (estepa central) procede de la degradación de los dominios del encinar."

Se diferencian varias unidades de vegetación, que corresponden con:

→ Vegetación de ribera,
→ Pinar procedente de repoblación
→ Monte bajo de matorral-pastizal
→ Cultivos cerealistas de secano.
→ Cultivos leñosos de secano (vid y olivo)

3.6.1- Vegetación de ribera:

La estrecha llanura aluvial del Guadarrama presenta vegetación típica de ribera con: *Populus alba* L., *Populus nigra* L., *y Populus x canadensis; Salix alba* L., *Salix atrocinerea* Brot.*; Ulmus minor* Mill.*; Typha latifolia* L.*; Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. *y Crataegus monogyna* Jacq. entre otros.

A medida que nos internamos en los arroyos de la cuenca I, la vegetación ripícola se vuelve más difusa, aunque se mantiene en cierto modo dicha composición. En la parte central se reduce la frondosidad a una estrecha fila de chopos plantados hace más de 30 años (*Populus x canadensis*) y a especies arbustivas como *Crataegus monogyna*, *Rubus* sp. y *Rosa* sp. hasta desaparecer en la parte más elevada y oriental.

3.6.2- Pinar procedente de repoblación:

En la cuenca I, tanto en laderas y lomas, como a ambos márgenes del arroyo de San Blas, y del arroyo de Conmaleche se han llevado a cabo repoblaciones principalmente con *Pinus halepensis* Mill. y secundariamente con *Pinus pinea* L. Hay una parcela repoblada con *Pinus pinaster* Aiton.

Las repoblaciones más jóvenes son de carácter mixto y se está tendiendo a introducir y favorecer a la encina (*Quercus ilex* subsp. *ballota* (Desf.) Samp.), mezclada con *Pinus pinea*, dado que el carácter arenoso y franco-arenoso de gran parte de la cuenca le hace muy apropiado a tal fin restaurador. Algunas zonas de las repoblaciones más antiguas empiezan a presentar pequeños brinzales de *Quercus ilex*, como signo inequívoco de recuperación.

3.6.3- Monte bajo de Matorral-Pastizal:

Se mantiene la acepción de monte bajo reflejada en el catastro, como área poblada por especies herbáceas y de matorral de media y corta talla.

El área se encuentra fuertemente alterada por usos anteriores y sólo se observa en algunas zonas, cepas de *Quercus ilex* con una fracción de cabida cubierta inferior al 5%. En este punto se ha de precisar, que bajo este epígrafe se aglutinan también los eriales a pastos fruto del abandono de los cultivos. *Retama sphaerocarpa* (L.) Boiss. es la especie leñosa más representativa acompañada de gramíneas anuales y alguna labiada.

Sin embargo, la vegetación dominante, en especial en la zona occidental, se compone de diversas especies de matorral, principalmente labiadas como: *Lavandula pedunculata* (Mill.) Cav., *Thymus zygis* Loefl. ex L. y *Thymus mastichina* (L.) L.; así como de las siguientes herbáceas: *Stipa gigantea* Link (berceo), *Dactylis glomerata* L. Existe aquí una cobertura del suelo de aproximadamente un 50% de la superficie.

El berceo, *Stipa gigantea*, denota una fase regresiva en la serie clímax que aparece al degradarse el romeral y tapiza abundantemente las umbrías. Mientras tanto, en las solanas vive más espaciado en detrimento de las especies de matorral comentadas anteriormente.

Este hecho tiene gran relevancia para el estudio al cambiar la composición de la cubierta aérea o *canopy cover*, y del suelo o *ground cover*. Es por ello que las zonas más insoladas presentan signos de haber sido más erosionadas, con abundantes regueros, frente a las zonas más umbrosas.

En el lecho de los torrentes de Ucenda Grande y Ucenda Chico, o en la sección de las cárcavas se desarrollan pies de *Crataegus monogyna, Rosa* sp. y *Jasminum fruticans* L... Fuera de ellos, se observan algunos pies de *Prunus dulcis* (Mill.) D.A. Webb. Se está produciendo aquí, una ligera colonización de *Quercus ilex* y *Pinus pinea* procedente de repoblados próximos.

3.6.4- Zona de cultivos cerealistas:

Como se observa en el mapa de usos de suelo, la mayor parte de la cuenca y por extensión del municipio se halla compuesto de parcelas agrarias entre las que destacan los cultivos cerealistas de secano labrados de forma intensiva. Se cultiva principalmente trigo de invierno (*Triticum aestivum* L.) y en menor medida cebada (*Hordeum vulgare* L.). Secundariamente, se producen melones y judías.

3.6.5- Zona de olivar y viñedo:

Los cultivos del olivo (*Olea europaea* L.) y de la vid (*Vitis vinifera* L.) tienen representación en la zona noroccidental de la cuenca I. Se sigue con carácter general el laboreo intensivo, estando el suelo la mayor parte del año al desnudo o con vegetación rala.

La **uva** producida es de la variedad **Garnacha** y pertenece a la Denominación de Origen de **Méntrida**. La **oliva** pertenece mayoritariamente a la variedad **Cornicabra**. Tanto en los olivares como en los viñedos, se sigue un marco de plantación amplio con unos 100-130 olivos/ha (8x9, 9x9, 10x10), y unos 1100-1200 viñas/ha (2x5, 3x3 al tresbolillo), similar a lo recomendado en otros libros sobre implantación de viñedos y olivares de secano.

Los propietarios de algunas de estas explotaciones tienen una ocupación principal distinta a la agrícola, la cual queda relegada a un segundo plano o parecen estar abandonadas (no se recoge la cosecha).

3.6.6- Vegetación potencial o clímax:

Es la propia del subtipo fitoclimático IV_3-IV_4, mediterráneo genuino, asentada sobre suelos silíceos. Encontramos dicha vegetación sobre el Monte de Batres, zona también con tendencia a la erosión en cárcavas y situada a sólo 4 km al norte de la zona de estudio.

Quercus ilex subsp. *ballota* con una fracción de cabida cubierta del 70% domina el paisaje. Como cortejo florístico encontramos: *Cistus ladanifer* L., *Anthyllis vulneraria* L., *Phyllirea angustifolia* L., *Rosmarinus officinalis* L., *Thymus* sp., *Retama spahaerocarpa* L. y *Daphne gnidium* L. entre otros.

3.7 Descripción de la Fauna:

La zona de estudio alberga tres grandes comunidades vegetales: llanura y laderas cerealistas, de cultivo de la vid y del olivo; zona de pastizal-matorral y bosque de galería.

Las dos primeras unidades poseen una fauna propia de la campiña del Guadarrama, abundando aves, mamíferos y reptiles, lo que ha contribuido al desarrollo de cotos de caza menor, actividad muy extendida entre los habitantes del municipio. El bosque de galería cobija algunas especies de anfibios y aves acuáticas. La ictiofauna no tiene gran representatividad en el área de estudio, salvo en el río Guadarrama.

Son frecuentes los siguientes grupos de vertebrados:

***Aves:** *Aves esteparias y de la campiña cerealista

-*Alcedo atthis* L. (martín pescador)
-*Alectoris rufa* L. (perdiz roja)*
-*Anas plathyrrhynchos* L. (ánade real)
-*Buteo buteo* L. (águila ratonera)
-*Circaetus gallicus* Gmelin (culebrera)*
-*Columba palumbus* L. (paloma torcaz)
-*Falco naumanni* Fleischer (cernícalo primilla)*
-*Oriolus oriolus* L. (oropéndola)
-*Otis tarda* L. (avutarda)*
-*Otus scops* L. (autillo)
-*Pica pica* L. (Urraca)
-*Picus viridis* L. (pito real)
-*Streptopelia turtur* L. (tórtola)
-*Tetrax tetrax* L. (Sisón)*
-*Tyto alba* Scopoli (lechuza común)
*Orden Passeriformes

***Mamíferos:**

-*Arvícola sapidus* Miller (rata de agua)
-*Apodemus sylvaticus* L. (ratón de campo)
-*Erinaceus europaeus* L. (erizo europeo)

-*Lepus granatensis* Rosenhauer (liebre)
-*Oryctogalus cuniculus* L. (conejo)
-*Vulpes vulpes* L. (zorro)

***Anfibios:**

-*Salamandra salamandra* L. (salamandra)
-*Alytes cisternassii* Boscá (sapo partero)
-*Rana perezi* Seosane (rana común)
-*Bufo bufo* L. (sapo común)

***Reptiles:**

- *Lacerta ocellata* Seosane (lagarto ocelado)
-*Tarentola mauritanica* L. (salamanquesa)
-*Natrix maura* L. (culebra de agua)
-*Malpolon monspessulanum* Hermann (culebra bastarda)

Fuentes: Observación directa, y con referencias de "FERNÁNDEZ, 2007" y "MARTÍN, 1994"

4. DESCRIPCIÓN DEL MEDIO SOCIOECONÓMICO:

Administrativamente, Carranque forma parte de la Comarca de la Sagra en su límite septentrional con la provincia de Madrid (código 038 en la Fig. 1). Linda al oeste con Casarrubios del Monte (Toledo); al norte con Batres y Serranillos del Valle (ambos en Madrid); al este con Ugena e Illescas (Toledo); y al sur con El Viso de San Juan (Toledo).

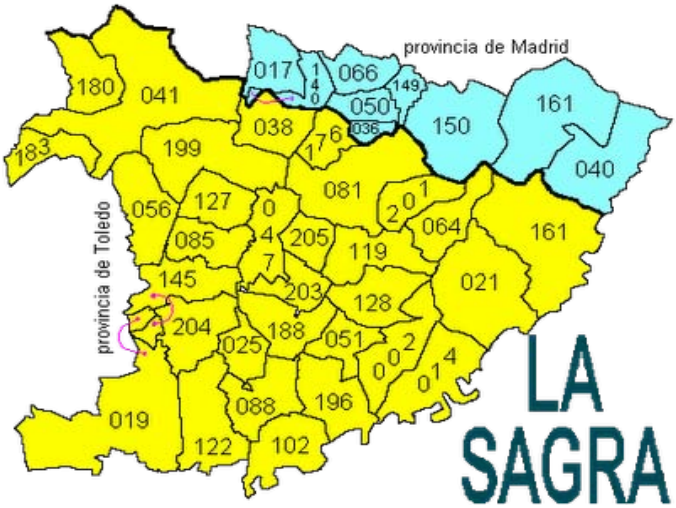


Imagen 1. Mapa de la Comarca de la Sagra.

Según las cifras oficiales de la Revisión anual del Padrón municipal publicado por el INE, Carranque cuenta en 2011 con 4573 habitantes (2369 varones y 2204 mujeres). Su población se ha triplicado en tan sólo 14 años, siendo Carranque uno de los municipios de la Comarca que presenta un mayor índice de crecimiento, del 4,92% anual, en las últimas décadas. Lo anterior se explica por su situación geográfica a caballo entre las grandes urbes de la zona metropolitana de Madrid y la ciudad de Toledo.

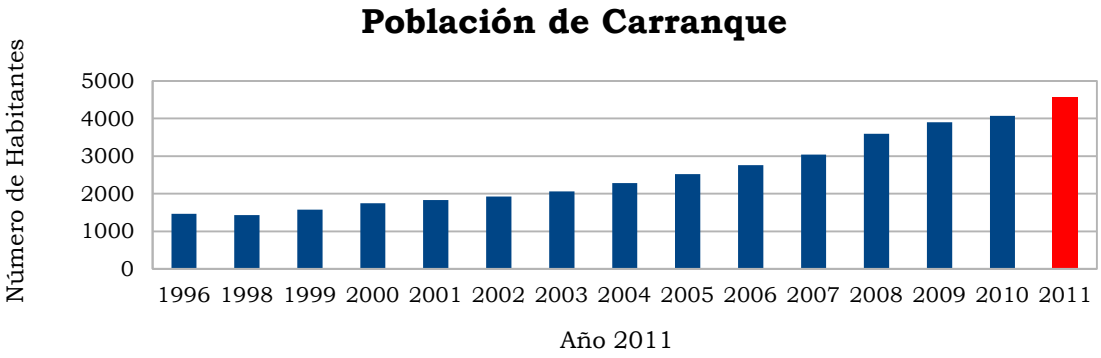


Gráfico 1. Evolución de la Población en Carranque.

Pirámide poblacional:

Se observa un máximo poblacional en la cohorte de los 35 a 39 años, que se explica con el *baby boom*. La comarca ha experimentado a diferencia de la provincia de Toledo un claro rejuvenecimiento poblacional, causado por la reciente llegada de inmigrantes (nacionales e internacionales) y de un moderado repunte en la natalidad.

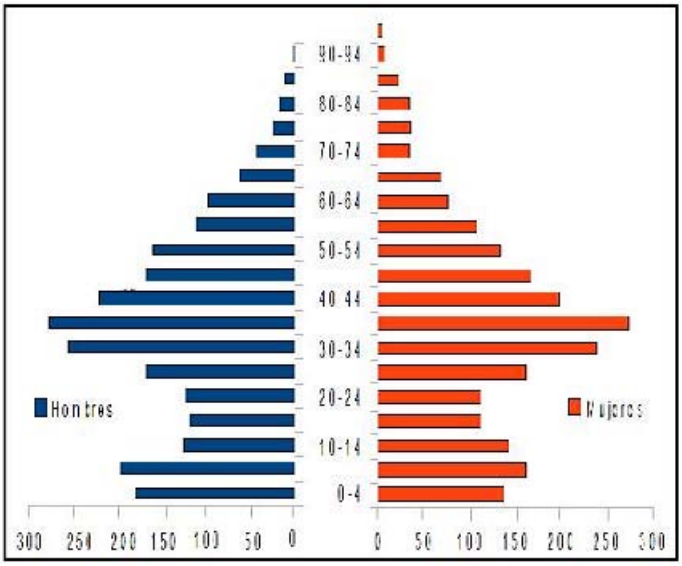


Gráfico 2. Pirámide de Población de Carranque. Año 2011 según datos del catastro municipal de Carranque.

Porcentaje de población activa y ocupación por sectores:

La comarca ha experimentado un cambio en la composición de su población activa incrementándose la actividad del sector servicios. En Carranque se traduce en un aumento del sector empresarial, como el turismo.

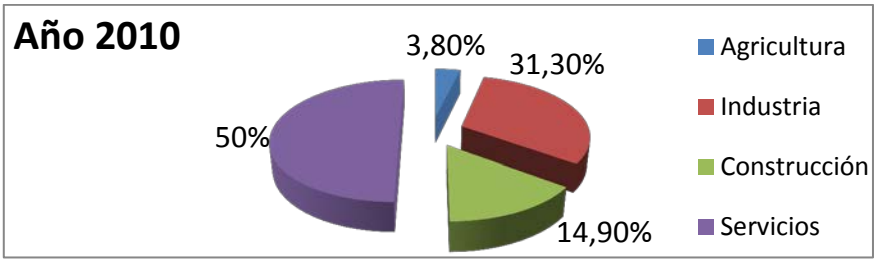


Gráfico 3. Composición sectorial de empleo en la Comarca de la Sagra.

5. MARCO TEÓRICO.

5.1 Breve descripción del proceso erosivo:

La erosión superficial se suele concebir como un proceso consistente en tres fases: desprendimiento de partículas individuales de la capa superior del suelo, seguido de su transporte por agentes erosivos (viento y agua) y posterior deposición. "El principal agente disgregador de la fase sólida del suelo es la salpicadura de la gota de lluvia que favorece la compactación superficial, el sellado de los microporos y la formación de costras" (MORGAN, 1997).

Su efecto global se resume en debilitar el suelo y favorecer su transporte. Como se explica en "MORGAN, 1997", también favorecen la erosión: los procesos de meteorización, los laboreos superficiales, y los pisoteos del hombre y el ganado, entre otros.

Nos centramos en la erosión hídrica superficial. El agente erosivo viento no tiene especial relevancia como se indica en el mapa 7.4 del "INES, 2002" donde la zona colindante con Carranque posee un riesgo bajo o muy bajo de erosión eólica.

La erosión, como proceso natural, modela el paisaje a la escala temporal de los procesos geológicos y guarda cierto equilibrio según la posición fisiográfica analizada. Sin embargo, las actividades antrópicas suelen potenciarlo, desencadenando erosión acelerada a ritmos mucho mayores que de forma natural. La erosión se asocia siempre a degradación de las propiedades del suelo y a una merma de la capacidad productiva y ambiental del medio.

Cuando la erosión es acelerada, se elimina la capa superficial del suelo u horizonte A, en especial en los campos de labor. "Esta pérdida expone a la capa inferior u horizonte B o (B), en general de menor capacidad de infiltración y menor fertilidad. Por ello, para una intensidad de precipitación determinada se produce en dicho horizonte inferior mayor volumen y velocidad de escorrentía y a su vez mayores ratios de pérdidas de suelo" (TOY et al, 2002).

5.2- Documentación de procesos erosivos en la zona

5.2.1- Análisis toponímico

La existencia de fuertes fenómenos erosivos se remonta a hace varios siglos, lo que queda reflejado en la toponimia de la zona: el arroyo de San Blas que en su zona alta se conoce como del Carcabón (del latín *caccăbus* con "b" del cual deriva la palabra cárcava).

Por otro lado, una de las laderas orientadas al Guadarrama cerca de la zona de estudio, se conoce como las Cárcavas del Corral y los lugareños conoces las laderas orientales de Carranque como: “las Cárcavas”.

5.2.2- Manifestaciones de Erosión laminar:

La erosión laminar pasa generalmente desapercibida, a pesar de ser el proceso erosivo que genera mayores pérdidas de suelo a escalas regionales. Afecta a grandes superficies de forma uniforme y puede desencadenar otros procesos erosivos localmente más severos.

En algunas zonas de Carranque, se observa que el suelo presenta en superficie abundancia de elementos gruesos (mayores de 2 mm) y apenas elementos finos. Estos últimos aparecen si se profundiza en el horizonte superficial. Este fenómeno se debe a que la escorrentía de lluvia arrastra en mayor medida a los elementos finos, al ser menos pesados. La pérdida elevada de estos elementos finos supone un menoscabo de la fertilidad del suelo.

En los olivares se suele observar el destapamiento del cuello de la raíz (peana), y en zonas de vegetación permanente aparecen raíces al descubierto.

Fotos 1 y 2. Manifestaciones de erosión laminar. Tomada por Miguel Florensa.

5.2.3- Manifestaciones de erosión en regueros:

Una concentración del flujo laminar crea localmente regueros donde son importantes. Sin embargo, las pérdidas del suelo globales en la zona son generalmente inferiores que en erosión laminar. Aparecen frecuentemente en la zona de estudio a causa de: la falta de vegetación, las pendientes prolongadas y fuertes.

Por otro lado, las labores agrícolas realizadas en la línea de máxima pendiente funcionan como mini-regueros que en episodios de lluvias moderadamente intensas se vuelven más profundos. Estos surcos de mayores dimensiones son más visibles y suelen alarmar a los agricultores que tratan mediante labores hacerlos desaparecer, aunque no se ataca a la raíz del problema.

Fotos 3. Manifestaciones de erosión en regueros. Tomada por Miguel Florensa Lorente.

5.2.4- Manifestaciones de procesos de encarcavamiento:

Las laderas y cuencas de la margen izquierda del tramo medio del río Guadarrama tienden a la erosión en cárcavas, las cuales llevan modulando el paisaje de la zona occidental durante miles de años. El resultado de dicha acción merma muchas veces de forma irreversible la capacidad productiva de la zona.

Al contrario que la erosión laminar o en regueros, las cárcavas se inician en las zonas más bajas, erosionándose desde la base de la ladera y ascendiendo sobre ella. Sus crecimientos son muy irregulares, y están relacionados por fenómenos meteorológicos moderadamente intensos o muy intensos, así como por otros factores como: flujos subsuperficiales (*piping*) o discontinuidad edáfica.

El encarcavamiento presenta fases de fuerte actividad en las que las pérdidas de suelo alcanzan tasas muy elevadas, seguidas de fases de estancamiento por estabilización del lecho de las cárcavas condicionadas también al uso que se haga de los terrenos en los que se presentan, si es incluso posible algún aprovechamiento. Su reconocimiento en campo es inmediato. No obstante, el modelo RUSLE subestima las pérdidas de suelo en dichas áreas, al ser concebido para su aplicación en estimaciones de erosión laminar y en regueros.

El encarcavamiento es además muy sensible a otros procesos hidrológicos, como la escorrentía que puede generarse en las zonas altas y medias de las laderas y afectar mayoritariamente a la cabecera de la cárcava. Aunque el encarcavamiento tiene diversas génesis, se reconocen por:

1. Resquebrajaduras del terreno, al principio como pequeños regueros o tras hundimientos de tierras por *piping* al final de las ladera, en los contornos de los cultivos, o internándose dentro de estos donde comienzan a profundizar. Se han llegado a medir más de 3 m.

Fotos 4 y 5. Manifestaciones de encarcavamiento en Arroyo de San Blas en su parte central. Tomadas por Miguel Florensa Lorente.

2. Las depresiones naturales del terreno, unidas a labores intensivas y a la falta de cubierta vegetal durante bastantes meses del año, propician su aparición.

Fotos 6. Manifestaciones de encarcavamiento dentro del cultivo de trigo cerca del Arroyo de San Blas. Tomada por Miguel Florensa Lorente.

3. La fuerte pendiente y la escasa cobertura vegetal favorecen la desestabilización de las cárcavas. A veces, se generan grandes paredes verticales de hasta 15 m en esta zona. En la foto se muestra el prototipo de cárcavas de las laderas vertientes al río Guadarrama. Aquí se produce una transición brusca entre el espacio mesetario y la depresión del río Guadarrama.

Fotos 7. Manifestaciones de encarcavamiento en la zona conocida como las cárcavas. Tomada por Miguel Florensa Lorente.

5.3- Modelo de estimación utilizado. Modelo RUSLE. Ventajas:

Las pérdidas de suelo en laderas y cuencas han venido siendo estudiadas por diferentes modelos, basados en ecuaciones empíricas o en análisis experimentales de campo. Cada uno sigue una metodología propia, y muchos de ellos no son abordables técnica, ni humanamente por las características del proyecto y por los medios de los que se dispone. Se ha seguido en todo momento el manual de uso de la RUSLE (RENARD y FOSTER, 1997).

Se elige la RUSLE debido a la multitud de **ventajas** que el modelo presenta, entre las que cabe citar (ROLDÁN, 2011):

1. Su carácter internacional y sencillez de cálculo. Aglutina a los principales factores que intervienen en la erosión, así como sus interrelaciones.

2. Su fácil visualización por los principales sectores interesados o afectados de las consecuencias de los procesos erosivos (agricultores, ganaderos y administraciones públicas).

3. El modelo hace una proyección media de pérdida de suelo asimilable a periodos de tiempo largos y proporciona la posibilidad de evaluar cuantitativamente alternativas de uso y manejo

4. Se dispone del software gratuito "**RUSLE 1.06c**" que agiliza el cálculo de las pérdidas de suelo y lleva compiladas experiencias basadas en análisis para periodos de tiempo relativamente largos, y en constante revisión.

Es importante recalcar que el modelo RUSLE **predice pérdidas de suelo anuales medias para un periodo largo de tiempo, resultante de los procesos de salpicadura y de escorrentía superficial**. Vino precedido por el modelo USLE, al que complementa, revisa e incorpora mayor complejidad paramétrica. Tiene la ventaja de obtener mayor precisión en sus estimaciones que en el modelo USLE. Su **expresión matemática** es:

$$A = R * K * L * S * C * P$$

El cálculo de pérdidas de suelo promedio anual en [$t * ha^{-1} * año^{-1}$] o parámetro A, se realiza a partir del producto de dichos factores:

R = Factor erosividad de las lluvia o **factor pluvial** en [hJ*cm*(h*m^2*año)$^{-1}$]. se definió el factor R medio, como el producto de la energía cinética de un aguacero por su máxima intensidad en 30 minutos (EI_{30}) para todos los aguaceros producidos en un año medio.

K = **Factor erodabilidad** del suelo en [t * m^2 *h *(ha * hJ * cm)$^{-1}$] o tasa de promedio de pérdidas de suelo por unidad de EI_{30} para un suelo específico, medido en una porción de terreno estándar.

L = **Factor longitud de ladera** con respecto a la parcela estándar de 22,1 m de largo. Es adimensional.

S = **Factor pendiente de la ladera**, con respecto a la parcela estándar de 9%. Es adimensional.

C = **Factor manejo de la cubierta**, o relación entre la pérdida de suelo de un área con una cubierta y manejo específicos, de la de un área idéntica en barbecho y labranza continuos. Es adimensional y está disgregado de acuerdo a la periodicidad de la lluvia y el ratio de pérdidas de suelo para ese periodo (*Soil Loss Ratio* o SLR)

P = **Factor de prácticas de conservación** o relación de la pérdida de suelo bajo la acción de una práctica cultural con la pérdida de suelo con labores en línea de máxima pendiente. Es adimensional.

> **Nota:** Parte de los resultados aparecerán en unidades del Sistema Americano. Para cualquier duda se puede consultar en el **Apéndice nº5 de Conversión de Unidades**.

5.4- Modelo RUSLE. Principales desventajas y limitaciones:

La pérdida de suelo calculado por el modelo, es la cantidad de sedimento perdido por el perfil, no la cantidad de sedimento que deja la cuenca o el terreno. Las **limitaciones y principales desventajas** son las siguientes:

1. El modelo no es demasiado preciso, ni pretende predecir eventos específicos puntuales, como son valores extremos de precipitaciones.

2. Cuando se asigna una *A media*, la diferencia entre pérdidas de suelo entre la parte alta y baja de la ladera pueden ser notables, especialmente en las laderas largas.

3. Los modelos de pérdidas de suelo en zonas forestales están poco desarrollados y diversificados, y están referidos a vegetación propia de algunas regiones de Estados Unidos.

4. Se basa en experiencias desarrolladas por el Departamento de Agricultura de E.E.U.U., conocido como USDA, por lo que existen lagunas en el estudio de cubiertas agrícolas del ámbito mediterráneo.

5.5- Análisis paramétrico del modelo RUSLE:

A continuación se comentan brevemente, los 6 parámetros de la ecuación RUSLE, para más información consultar en "RENARD y FOSTER, 1997".

5.5.1- El factor R o de erosividad de la lluvia:

Condición *sine qua non* para que se produzca erosión hídrica es que halla precipitación, que esta posea la energía suficiente para desencadenar los procesos de disgregación y transporte y que está se produzca en un momento desfavorable.

5.5.2- El factor K o de erodabilidad del suelo:

La *K* explica cómo reacciona el suelo a unas determinadas condiciones climáticas y de precipitación, resistiendo la disgregación y movilización de partículas del suelo (alta en arenas) y superando altas fuerzas de cohesión internas (muy alta sobre arcillas). La facilidad del suelo a erosionarse está formalmente relacionada con diferentes propiedades físico-químicas del suelo. Destacan: textura, estructura de los agregados, rocosidad, y contenido en materia orgánica, parámetros recogidos en las fichas de campo.

La materia orgánica influye en la creación de estructura y formación de agregados más estables y grumosos; mejora por tanto la fertilidad del suelo y aumenta su resistencia a la erosión. Su contenido en un suelo no es valorable a simple vista y se determina en laboratorio para los usos forestales, de los cuales no se dispone de datos según el ensayo de laboratorio detallado en el **Apéndice nº3**.

La textura se estima mediante la determinación al tacto por el procedimiento de los cilindros como se explica en (PORTA et al., 2005). Asimismo, se posee información complementaria del "INES, 2002" para dos localizaciones situadas en Batres y Serranillos del Valle; y

del estudio de construcción de la pasarela del río Guadarrama que forma parte de la cuenca I (Ver **Apéndice nº4**). Los parámetros requeridos y estimados para determinar el factor K, se introducen en el **nomograma** que la RUSLE 1.06c tiene incorporado en la subrutina del cálculo de dicho factor.

5.5.3- El factor LS:

Tiene relación con el efecto de la topografía y características de las laderas. Los mayores gradientes (Factor S) y cuanta mayor sea la longitud de ladera (Factor L) favorecen la aparición de mayor cantidad de escorrentía y por tanto el transporte de material disgregado del suelo ladera abajo. Por eso, se suelen estudiar ambos factores a la vez.El factor L se define a partir de la longitud de la ladera medida en campo desde dónde se inicia el transporte de sedimentos por la escorrentía hasta donde se produce el acúmulo de dicho sedimentos o desagüe por una vía fluvial.

En campo existe cierta incertidumbre a la hora de determinar la longitud de la ladera. Se tienen en cuenta las recomendaciones del Manual RUSLE (Agriculture Handbook nº703, 1997) donde se advierte que el asignar un valor dentro de un intervalo de longitudes bastante amplio da un error pequeño en la estimación del factor L.

5.5.4- El factor C o de manejo de la cubierta:

Posee el mayor número de parámetros en la ecuación RUSLE, aunque se dispone de muy poca información para cultivos de secano mediterráneos y en general de espacios forestales. En este estudio se ha empleado conocimiento de las labores agrícolas, y se ha acudido además a diversa bibliografía. Para el cálculo de la C forestal, los terrenos forestales se suelen considerar como vegetación invariante en el tiempo, porque su variación estacional es en general pequeña, máxime si es comparada con los cultivos agrícolas.

Para el cálculo de la C agrícola, se parte de la premisa de un escenario de cultivo variante con el tiempo. Se deben estructurar la secuencia de labores en cada uno de los cultivos e indagar si se dejan restos orgánicos sobre el suelo o no, cómo se distribuyen estos; qué profundidad alcanza la labor, cuántas veces se hace y cuándo se hace.

$$C = PLU*CC*SC*SR*SM$$

* Subfactor de uso previo (PLU): RUSLE evalúa el efecto de la biomasa subsuperficial (raíces y residuos enterrados en la superficie a 4 pulgadas) para resistir la erosión. Además, localiza la descomposición de la biomasa en la superficie y en la subsuperficie, calculados para cada periodo semimensual.

* Subfactor de cobertura de dosel (CC): Expresa la efectividad de la cobertura del dosel para reducir la energía de la lluvia que alcanza la superficie del suelo; con menor energía que la lluvia caída sobre el suelo sin intercepción, si la altura de caída es baja, e igualándola o superándola si la altura alcanza un valor crítico.

* Subfactor de cobertura superficial (SC): RUSLE asigna tasas de descomposició específicas a los residuos según la proporción de C:N para el residuo y monitorea cuanto residuo es enterrado por cada tipo de labranza y luego ajusta la tasa de descompo-sición por encima y por debajo del residuo superficial.

* Subfactor de rugosidad de la superficie (SR): Una superficie rugosa actúa como trampa de sedimento y agua durante un evento de lluvia, lo que conlleva una tasa de erosión más baja que las superficies lisas bajo condiciones similares

* Subfactor de agotamiento de la humedad del suelo (SM): El antecedente de humedad del suelo influye sustancialmente en la infiltración y el escurrimiento y por ende en la erosión del suelo.

5.5.5- El factor P o prácticas de conservación:

Estas prácticas de control evitan la erosión, puesto que se modifican los patrones de flujo y la dirección de la escorrentía. Las prácticas de conservación se clasifican generalmente dentro de: cultivo a nivel, en fajas, o en terrazas; y drenaje subsuperficial.

RUSLE calcula el factor P basado en: porcentajes de pendiente, longitud de pen-diente, rugosidad, altura de los caballones, la distribución del "EI", el grupo de suelos hidrológicos y el efecto de terrazas sobre la pendiente (Blog Miliarium Aureum). El efecto de varias prácticas es tenido en cuenta por el programa y se estima la relación la cantidad de sedimentos que realmente abandona la ladera y no sólo cantidad de sedimentos movilizados dentro de ella

5.6- Concepto de tolerancia:

El concepto de tolerancia en la pérdida de suelo crea cierta controversia, y no existe una definición única, ni un valor fijo aceptado universalmente. Algunos autores la conciben como el límite máximo de pérdidas de partículas de suelo que conduce al equilibrio de formación del suelo. Para Wischmeier y Smith, se define como "máxima tasa de pérdida de suelo por erosión que puede existir y aún permitir mantener la productividad del cultivo dentro de unos niveles sostenibles". Se supone que por encima de dicho umbral, su compensación a través de diversas medidas agronómicas empieza a no resultar viables ni sostenibles económicamente a medio-largo plazo.

Para áreas forestales, no existe demasiada información al respecto, aunque el umbral debe corresponderse con un momento tal que el material de suelo perdido compromete la estabilidad ecológica del lugar. Esto se interpreta como: inicio o progresión del deterioro de las propiedades del suelo (pérdida de nutrientes, materia orgánica, destrucción de la estructura, disminución de la profundidad útil), pérdida y degradación de la cubierta, y/o involución de la vegetación a etapas regresivas.

La tolerancia se ha fijado tradicionalmente en 8,9-11,2 T * ha^{-1}* $año^{-1}$, aunque varía según múltiples circunstancias y factores. Esta cifra es generalmente aceptada ya que se aproxima a la tasa de desarrollo del horizonte A bajo condiciones óptimas, las cuales no suelen producirse en los cultivos agrícolas. Por otro lado, la tolerancia debe reducirse en suelos donde el proceso erosivo ha sido o es muy intenso. Además, la RUSLE distingue si la tolerancia se hace siguiendo a alguno de los siguientes criterios:

- cuestiones económicas (T_{EP})
-cuestiones preventivas o medidas policía (T_{POL})
-criterios de calidad de agua (T_{WQ}) → descartado en nuestro caso.

Determinación de la Tolerancia:

Algunos autores fijan para las texturas arenosas valores de tolerancia generalmente más bajos, entorno a 5 y 6 t * ha^{-1} * $año^{-1}$, en comparación con los suelos arcillosos profundos o francos fértiles (entre 11,2 y 12,5 T * ha^{-1} * $año^{-1}$). Otros no comparten tal distinción.

La profundidad del suelo no resulta limitante en el sentido de hallarnos ante material sedimentario aunque éste esté algo compactado a cierta profundidad, lo que podría dificultar la penetración de las raíces en algunos estratos más arcillosos. Asimismo, las zonas cercanas o

limítrofes con las cárcavas presentan o han presentado mayores signos de erosión y pérdida de calidad edáfica. Por ello, se tiene en consideración que su recuperación es más difícil y que el valor de tolerancia serán menores para ser admitidos como niveles aceptables y sostenibles a largo plazo. Teniendo en cuenta lo anterior, se establecen diferentes tolerancias para las texturas franco arcillo-arenosa y franco-arenosa/arenosa-franca.

TIPO DE SUELO	**TOLERANCIA** (en función a la cercanía de cárcavas)	
	No cercanas a Cárcavas	Cercanas o limítrofes con Cárcavas
Franco arcillo-arenosos	11 $t*ha^{-1}*año^{-1}$	7 $t*ha^{-1}*año^{-1}$
Franco arenoso y Arenoso-franco	9 $t*ha^{-1}*año^{-1}$	6 $t*ha^{-1}*año^{-1}$

Tabla 5. Determinación de la Tolerancia según uso del suelo.

5.7- Análisis del suelo perdido en una cárcava:

La determinación de la progresión volumétrica de una cárcava, se realiza según explica (SOMARRILLA, 2005) en sus estudios, por el "**Método del Transecto de Cárcavas**". La cárcava a evaluar es medida longitudinalmente y dividida en partes iguales de forma transversal. Dos secciones transversales contiguas constituyen un transecto. Se recomienda que la longitud de los transectos (**Lt**) sea una cifra constante entre 10 y 20 m.

Se procede marcando los límites de cada transecto con estacas, dispuestas a una distancia, d1, de 2.5-3 m a ambos márgenes de las secciones (con el fin de evitar su pérdida por derrumbes). Para medir la sección transversal utilizamos cinta métrica y cuerda.

La cuerda debe ser suficientemente larga para cubrir la sección transversal más ancha de la cárcava más unos 10 m extras. Dicha cuerda se divide teóricamente y marca en segmentos de igual dimensión (d) de 0,5m por medio de cinta métrica. Debido a la dureza del terreno, algunas estacas se clavan a la distancia de un metro.

La profundidad de la cárcava, $\mathbf{h_i}$, se mide colocando el metro de carpintero verticalmente desde la cuerda hacia el suelo donde se han clavado las estacas; se hace por comparación relativa de alturas de la estaca n_{i+1} con la anterior n_i. Para la numeración de las estacas, se utiliza un rotulador, y se numeran desde el inicio de la cárcava, y de derecha a izquierda de forma que el origen tiene asignado el número 0, y después irían 1, 2, 3, 4, 5,… n.

Para ver la progresión de la cárcava se clava a la estaca un clavo que es dejado a ras del suelo, sobresaliendo sólo 5 cm. En aquéllas partes del terreno, en los que no es posible por la citada dureza clavar la estaca a dicha altura, se hace una marca con rotulador hasta donde es posible clavarla. Cuando se vuelve a la zona, se contabiliza cuantos mm ha descendido la cárcava en el tiempo transcurrido; las lluvias que han acaecido, y otras observaciones. Se deben hacer anotaciones de al menos el estado inicial y final.

La cárcava tiene forma de U; su sección ($\mathbf{A_i}$) se calcula como: $A_i = \sum d_i h_i$ en m^2

El cálculo del volumen para la Cárcava en m^3 es: $Vcárcava_i = Lt * \sum A_i$

El Volumen perdido en m^3 se calcula como: $Vsp = Lt * \sum (A_j - A_i)$

expresado en m^3 por metro lineal: $Vsp = [Lt * \sum (A_j - A_i)] / \sum Lt$;

siendo $\sum Lt = Nt$ (nº de transectos) $*Lt$ $Vsp = \sum (A_j - A_i)/Nt$ en m^3/ml

6. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS:

6.1- Fichas de campo de las parcelas:

Se han desarrollado dos fichas de campo diferentes, que corresponden a los usos agrícola y forestal. En ellas se describen la mayor parte de los parámetros que son posteriormente metidos como entradas en el programa de la RUSLE y extrapolados al conjunto de usos que se reconocen en el área de estudio. Los códigos y clasificaciones seguidos en las fichas de campo, se puede consultar en el **Apéndice nº6**.

Las parcelas se han elegido atendiendo a:

a) Representatividad de los usos de suelo y tipos de vegetación más frecuentes en la zona de estudio, que correspondan a condiciones medias de cultivo o de vegetación.

b) Inclusión de aquellas zonas, que por sus características intrínsecas sean más susceptibles de ser erosionadas, como es el caso del matorral pastizal.

c) Representatividad de suelos, y condiciones media de ladera, en cuanto a pendiente y longitud, de forma que quede patente la variabilidad en las condiciones fisiográficas y edafológicas de la zona de estudio.

d) Exclusión de zonas anómalas, que pudieran proporcionar una visión ex tremada del estado erosivo actual o de las zonas llanas en donde el proceso erosivo no es relevante.

Las ubicaciones de las parcelas se visualizan a continuación en la Imagen 2, junto con sus coordenadas relativas en la Tabla 4. Las coordenadas X e Y, tienen en todo caso una precisión de ± 9 m.

Las diferencias se deben a que: algunas fichas se rellenaron en días nubosos en los que la intercepción de la señal por el GPS puede sufrir pequeñas desviaciones (parcela 6), o debido a la dificultad de intercepción de la señal bajo dosel arbóreo (parcela 7), bajo el puente de la autopista (parcela 3), o alta pendiente (parcela 2). La coordenada Z, se comprueba con el mapa topográfico dado que el elipsoide de referencia no coincide completamente con la forma del geoide en el área. En las fichas de campo, se escribe la coordenada corregida.

Imagen 2. Situación de las 10 parcelas de muestreo. Capturada del AutoCAD 2010. Tomada por Miguel Florensa Lorente

Datum	European 1950 (Spain and Portugal)	Nº Parcela	Nombre	HUSO	Coord. X (m)	Coord. Y (m)	Coord. Z (m) del GPS	Coord Z. (m) corregida	Precisión ±m
WP	UTM	1	Parcela 1Agric	30T	419277	4447967	590	595	4
WP	UTM	2	Parcela 2For	30T	419571	4448250	596	596	9
WP	UTM	3	Parcela 3-Cárcava	30T	421342	4447713	600	609	9
WP	UTM	4	Parcela 4Repob	30T	420316	4448699	586	594	0
WP	UTM	5	Parcela5Vina	30T	420236	4449521	601	609	9
WP	UTM	6	Parcela Vina 6	30T	421340	4448618	614	612	4
WP	UTM	7	Parcela 7	30T	419523	4449401	524	548	8
WP	UTM	8	parcelaerial	30T	422490	4448716	637	641	2
WP	UTM	9	Parcel 9Olivar	30T	421266	4449653	620	616	2
WP	UTM	10	Parcela 10N	30T	419270	4449153	588	583	2

Tabla 4. Coordenadas UTM, a partir del elipsoide ED-50, de las parcelas estudiadas. Elaboración propia

FICHA DE CAMPO AGRÍCOLA

Parcela nº	1	**AUTOR:**	Miguel Florensa Lorente
Fecha:	21.10.2011	**COLABORA:**	----------

Tamaño/Dimensiones (ancho*largo)	10x10	**Tipo de Vegetación en el mapa**	Trigal. Labor intensiva-barbecho blanco.
Término municipal	CA		
Coordenadas(x,y,z) en metros		**Tipo edafológico en mapa**	Cambisol dístrico sobre Arcosas
(0419277, 4447967, 595)		**Pendiente en el mapa**	10-20%
Orientación	N	**Tipo de Erosión dominante**	R

FACTOR "K"	Código	**Descripción**
Toma de muestras		Análisis textural al tacto
Estructura	2	Fina (1-2mm)
Permeabilidad	4	Moderada
*Textura	9	Franco arcillo-arenosa (SCL)
Pedregosidad % y tipo	2	2,5%-Grava fina, de 2-3mm
Rocosidad%	0%	"----------"
Pendiente	-	Mirar factor LS.
Reacción de M.O con H_2O_2	Sí	Ligera
Profundidad del H.orgánico.	1	Color: Inapreciable

FACTOR "LS"	Código	**Descripción**
Toma de muestra		Medida en campo
Forma de laderas	--	
Pendiente % (S1;S2)	--	Dos laderas distintas: P1=10% y P2 = 15%
Longitud de ladera (L1+L2)		L2= 90m y L1= 50m medidas sobre el terreno
Uso general del suelo	Agr.	Cultivo de secano-Trigo

FACTOR "C" Forestal	Código	**Descripción**
Tipo de cubierta (Leñosa/Herbácea)	H	Trigo de invierno
Canopy cover	0%	Todavía no se ha producido la siembra
Altura efectivo de caída (m)	0	Suelo laboreado, antes de la cosecha 50 cm
Cubierta vegetal viva	0%	Antes de la cosecha del 90-95%
% de cubierta del suelo	5%	Existen restos de la paja de trigo y sus raíces
Altura media de la rugosidad cm	9	Medidas: 9/5; 10/8; 7/5; 15/10
¿Qué tipo de erosión predomina?	R	En Regueros
¿Ha sido perturbado mecánicamente?	Sí	Ese mismo día
Tipo de suelo	SCL	Ligera cohesión de arenas (Franco arcillo-arenoso)
¿Se produce riego?	NO	
Abundancia de raíces %/Tipo	*Muy finas*	P
	Finas	P
	Medias	N
	Gruesas	N

FACTOR "P"	Código	**Descripción**
Curvas de nivel	NO	
Ángulo de desviación		
Altura del caballón		
Fajas	NO	
Alternancia		
Anchura		
Posición		
Terrazas	NO	
Tipo		
Separación		
Pendiente		

OBSERVACIONES (Indicar rotación de cultivo; labores, qué profundidad alcanzan, cuándo y cómo se realizan):

Se trata de un trigal laboreado en línea de máxima pendiente. Las labores son continuas y empezaron ya en Agosto, y se han sucedido varias veces; la última en el fecha de toma de datos con tractor agrícola de 18cm de profundidad de labor.

Fotos 8 y 9. Rugosidad del terreno y determinación de la textura al tacto en parcela nº1 de cultivo de trigo. Tomada por Miguel Florensa Lorente

La zona se ve afectada en las zonas naturales de desagüe de cierto encarcavamiento, lo que se ve favorecido por la forma de cuenco de las dos laderas cultivadas. Constituye el límite entre el matorral bajo-pastizal y la zona cultivada de trigo.

Foto 10Límite entre la zona cultivable (cultivo de trigo) y de zona de cárcavas en parcela. Tomada por Miguel Florensa Lorente.

La secuencia de operaciones de cultivo se han basado en "OSCA, 2001", adaptadas las fechas de siembra y recolección según "MAPA, 2001".

FICHA DE CAMPO FORESTAL

Parcela nº	2	**AUTOR:**	Miguel Florensa Lorente
Fecha:	21.10.2011	**COLABORA:**	----------

Tamaño/Dimensiones (ancho*largo)	10x10	**Tipo de Vegetación en el mapa**	Matorral bajo, pastizal estacional denso (umbría)
Término municipal	CA		
Coordenadas(x,y,z) en metros		**Tipo edafológico en mapa**	Regosol dístrico sobre Arcosas
(0419571, 4448250, 596)		**Pendiente en el mapa**	>50%
Orientación	N	**Tipo de Erosión dominante**	Laminar

FACTOR "K"	Código	**Descripción**
Toma de muestras		Análisis textural al tacto
Estructura	2	Fina (1-2mm)
Permeabilidad	4	Moderadamente lenta
*Textura	9	Franco arcillo-arenosa (SCL)
Pedregosidad % y tipo	1-5%	3,5% de Grava fina, de 2-3mm
Rocosidad%	0%	"----------"
Pendiente	65%	Medida en campo
Reacción de M.O con H_2O_2	Sí	Ligera
Profundidad del H.orgánico.	1	Color: sin cambio aparente

FACTOR "LS"	Código	**Descripción**
Toma de muestra		Medida en campo
Forma de laderas	--	Ligera vaguada
Pendiente % (S1;S2)	65%	Bastante homogénea, termina en vaguada.
Longitud de ladera (L1+L2)	35 m	Medida sobre el terreno
Uso general del suelo	For-Ganad.	Forestal-Ganadero ovino y caza

FACTOR "C" Agrícola	Código	**Descripción**	
Tipo de cubierta		Estrato superior:	Estrato inferior:
Canopy cover	40%	*Stipa gigantea*	"----------"
Altura efectivo de caída (m)	0,35		"----------"
Cubierta vegetal viva	60%	40%	20% *Thymus* y *Lavandula* sp.
% de cubierta del suelo	65%	Cubierta vegetal del 60% + 5 % de pedregosidad	
Altura media de la rugosidad en cm	1	Uniforme (0,5/1, 2/1; 0,5/1)	
¿Qué tipo de erosión predomina?	L	Laminar, uniforme	
¿Ha sido perturbado mecánicamente?	NO		
Tipo de suelo	SCL	Cierta cohesión de arenas (Franco arcillo-arenoso)	
Pastoreo	SÍ	Sólo en la zona alta, mínimo	
Abundancia de raíces %/Tipo	Muy finas	P (son superficiales)	
	Finas	P (son superficiales)	
	Medias	P (son superficiales)	
	Gruesas	P (son superficiales)	

FACTOR "P"	Código	**Descripción**
Curvas de nivel	NO	
Ángulo de desviación		
Altura del caballón		
Fajas	NO	
Alternancia		
Anchura		
Posición		
Terrazas	NO	
Tipo		
Separación		
Pendiente		

OBSERVACIONES (Indicar composición florística, y otros datos de interés):

Abundancia de *Stipa gigantea* (berceo). Encontramos numerosos ejemplares de *Lavandula stoechas* subsp. *pedunculata* (cantueso), y de *Thymus* sp. En la parte baja de la ladera hay algunos arbustos de *Rosa* sp. y *Crataegus monogyna.* El suelo presenta poco grado de cohesión y evolución debido a la fuerte pendiente. La situación umbrosa explicaría una mayor humedad y menor evapotranspiración, por lo que la cubierta es superior que en solana

El tipo de erosión reinante es laminar y uniforme, la vegetación más tupida que en otras zonas cercanas evita la concentración de flujo y la erosión en regueros. El suelo presenta características propias de Cambisol dístico.

Fotos 11 y 12. Parcela de matorral-pastizal en umbría y la ladera de enfrente, respectivamente, en parcela nº2. Tomada por Miguel Florensa Lorente.

FICHA DE CAMPO FORESTAL

Parcela nº	4	**AUTOR:**	Miguel Florensa Lorente
Fecha:	28.10.2011	**COLABORA:**	----------

Tamaño/Dimensiones (ancho*largo)	10x10	**Tipo de Vegetación en el mapa**	Matorral bajo, pastizal estacional denso
Término municipal	CA		
Coordenadas(x,y,z) en metros		**Tipo edafológico en mapa**	Regosol dístrico sobre Arcosas
(0420316, 4448699, 594)		**Pendiente en el mapa**	10-20%
Orientación	N	**Tipo de Erosión dominante**	L/R

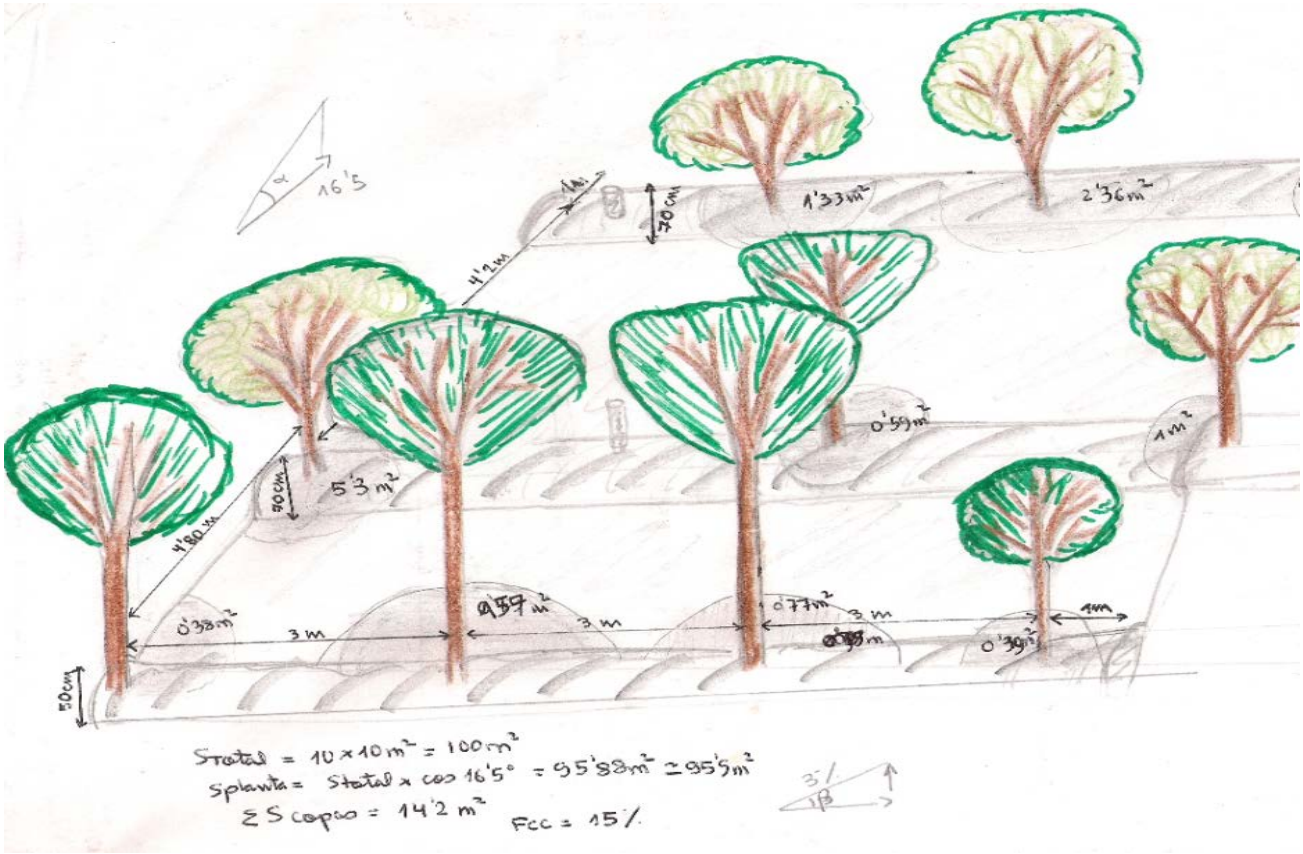
FACTOR "K"	Código	**Descripción**
Toma de muestras		Análisis textural al tacto
Estructura	2	Fina (1-2mm). Grumosa
Permeabilidad	4	Moderadamente lenta
*Textura	9	Franco arcillo-arenosa (SCL)
Pedregosidad % y tipo	5%	Grava fina, de 2-4 mm
Rocosidad%	0%	"----------"
Pendiente	16,5%	Medida sobre el terreno
Reacción de M.O con H_2O_2	Sí	Modera bajo copa arbórea. Nula en las calles
Profundidad del H.orgánico.	2	Color: marrón-pardo bajo copa

FACTOR "LS"	Código	**Descripción**
Toma de muestra		Medida en campo
Forma de laderas	--	Ligera vaguada
Pendiente % (S1;S2)	16,5%	Bastante homogénea, termina en vaguada.
Longitud de ladera (L1+L2)	80 m	Medida sobre el terreno
Uso general del suelo	For-Ganad.	Forestal-Ganadero ovino y caza

FACTOR "C" Agrícola	Código	**Descripción**	
Tipo de cubierta		Estrato superior:	Estrato inferior:
Canopy cover	15%	Q.ilex+P.pinea	"----------"
Altura efectivo de caída (m)	0,35		"----------"
Cubierta vegetal viva	20%	-	20% Incl. Resiudos
% de cubierta del suelo	25%		
Altura media de la rugosidad	1cm	Uniforme	
¿Qué tipo de erosión predomina?	R	En las calles de la terraza R/L	
¿Ha sido perturbado mecánicamente?	SÍ	Hace unos 6 meses	
Tipo de suelo	SCL	Cierta cohesión de arenas (Franco arcillo-arenoso)	
Pastoreo	SÍ		
Abundancia de raíces %/Tipo	Muy finas	MdA (bajo copa)	
	Finas	MdA (bajo copa)	
	Medias	MdA (bajo copa)	
	Gruesas	N	

FACTOR "P"	Código	**Descripción**
Curvas de nivel	NO	
Ángulo de desviación		
Altura del caballón		
Fajas	NO	
Alternancia		
Anchura		
Posición		
Terrazas	SÍ	
Tipo		Ver CROQUIS
Separación		Entre 4,2-4,8 m
Pendiente		Pdte en l.mp 0,5%; en oblicua 3%

OBSERVACIONES (Indicar composición florística, y otros datos de interés):



Croquis de las dimensiones de las terrazas de drenaje en parcela nº4 de repoblación forestal mixta. Dibujado por Miguel Florensa Lorente.

Se trata de una repoblación mixta de *Quercus ilex* y *Pinus pinea*, en terrazas de drenaje. El marco de plantación es rectangular, aproximadamente 4,5 x 3 m. La repoblación se observa con cierto vigor y aunque tiene una Fcc del 15%, los pies se encuentran podados y algunos pies ya han fructificado. En la misma fila no se observa un criterio claro de plantación, habiendo un 30% de *Quercus ilex* y un 70% de *Pinus pinea*.

Fotos 13. Parcela nº4 de repoblación forestal mixta. Tomada por Miguel Florensa Lorente.

FICHA DE CAMPO AGRÍCOLA

Parcela nº	5	**AUTOR:**	Miguel Florensa Lorente
Fecha:	28.10.2011	**COLABORA:**	----------

Tamaño/Dimensiones (ancho*largo)	10x10	**Tipo de Vegetación en el mapa**	Trigal de secano- en campo aparece viñedo
Término municipal	CA		
Coordenadas(x,y,z) en metros		**Tipo edafológico en mapa**	Cambisol dístrico sobre Arcosas
(0419268, 4447967, 609)		**Pendiente en el mapa**	10-20%
Orientación	SO	**Tipo de Erosión dominante**	Regueros profundos

FACTOR "K"	Código	**Descripción**
Toma de muestras		Análisis textural al tacto
Estructura	2	Fina (1-2mm)
Permeabilidad	3	Moderada
*Textura	11	Arenosa franca (SL)
Pedregosidad % y tipo	2 ó 3	Del 10%: Grava fina, de 2-3mm (hasta 5 cm)
Rocosidad%	0%	"----------"
Pendiente	3	12%
Reacción de M.O con H_2O_2	NO	Bajo o nulo contenido en M.O.
Profundidad del H.orgánico.	1	Color: Inapreciable

FACTOR "LS"	Código	**Descripción**
Toma de muestra		Medida en campo
Forma de laderas	-	
Pendiente % (S1;S2)	3	pdte del 13% dentro del uso
Longitud de ladera (L1+L2)	150 m	Medida sobre el terreno
Uso general del suelo	Agr.	Cultivo de la Vid

FACTOR "C" Forestal	Código	**Descripción**
Tipo de cubierta (Leñosa/Herbácea)	L	
Canopy cover	7%	Filas separadas 10m
Altura efectivo de caída (m)	0,3	Hmáxima<50-60cm
Cubierta vegetal viva	5%	
% de cubierta del suelo	15%	
Altura media de la rugosidad cm	0,75	
¿Qué tipo de erosión predomina?	R	en Regueros- se llega hasta 20cm
¿Ha sido perturbado mecánicamente?	NO	No recientemente (últimos 6meses)
Tipo de suelo	SL	cierta cohesión de arenas en húmedo (Franco arenoso)
¿Se produce riego?	NO	
Abundancia de raíces %/Tipo	*Muy finas*	MP (en línea de cultivo)
	Finas	MP (en línea de cultivo)
	Medias	N
	Gruesas	N

FACTOR "P"	Código	**Descripción**
Curvas de nivel	NO	
Ángulo de desviación		
Altura del caballón		
Fajas	NO	
Alternancia		
Anchura		
Posición		
Terrazas	NO	
Tipo		
Separación		
Pendiente		

OBSERVACIONES (Indicar rotación de cultivo; labores, qué profundidad alcanzan, cuándo y cómo se realizan):

Se trata de un viñedo que se laboreó en línea de máxima pendiente, con grandes regueros separados entre sí menos de 0,5 m y que siguen la dirección de las labores. No ha habido vendimia, y proliferan las malas hierbas. La separación entre filas es de 10m y los viñedos ocupan una franja de 0,7m más o menos continua, siguiendo la línea de máxima pendiente.

Fotos 14 y 15. Parcela nº5 de viñedo *abandonado*, textura franco arenosa por determinación de la textura al tacto y cosecha no recogida. Tomada por Miguel Florensa Lorente.

Se observa gran cantidad de elementos gruesos (partículas > de 2mm) en superficie y apenas casi elementos finos. Cuando se excava unos centímetros la proporción de elementos finos aumenta notablemente. Al hacer el análisis textural, resulta posible realizar un cilindro de 3mm de diámetro, siendo el tacto abrasivo. Esto nos da una textura franco-arenosa.

Fotos 16. Parcela nº5 de viñedo *abandonado*, regueros siguiendo las antiguas labores . Tomada por Miguel Florensa Lorente.

FICHA DE CAMPO AGRÍCOLA

Parcela nº	6	**AUTOR:**	Miguel Florensa Lorente
Fecha:	07.11.2011	**COLABORA:**	----------

Tamaño/Dimensiones (ancho*largo)	10x10	**Tipo de Vegetación en el mapa**	Viñedo de secano
Término municipal	CA		
Coordenadas(x,y,z) en metros		**Tipo edafológico en mapa**	Cambisol dístrico sobre Arcosas
(0421340, 4448618, 612)		**Pendiente en el mapa**	5-10%
Orientación	SE	**Tipo de Erosión dominante**	Regueros muy leves

FACTOR "K"	Código	**Descripción**
Toma de muestras		Análisis textural al tacto
Estructura	2	Fina (1-2mm)
Permeabilidad	3	Moderada
*Textura	11	Arenosa franca
Pedregosidad % y tipo	3	10% de Grava fina, de 2-5mm
Rocosidad%	0%	0%
Pendiente	2	6%, Medida en campo
Reacción de M.O con H_2O_2	Sí	Ligera bajo la viña
Profundidad del H.orgánico.	1	Color: Inapreciable

FACTOR "LS"	Código	**Descripción**
Toma de muestra		Medida en campo
Forma de laderas	-	
Pendiente % (S1;S2)	2	6%, Medida en campo
Longitud de ladera (L1+L2)	35 m	Medida sobre el terreno
Uso general del suelo	Agr.	Cultivo de la Vid

FACTOR "C" Forestal	Código	**Descripción**
Tipo de cubierta (Leñosa/Herbácea)	L	
Canopy cover	27,6%	Filas separadas 10m
Altura efectivo de caída (m)	0,6	Hmedia de 60cm
Grado de recubrimiento del suelo	16%	
% de rock and residue cover	16%	25% bajo la viña y 10% entre viñas
Altura media de la rugosidad cm	1-2 cm	Valor medio 1,5 cm
¿Qué tipo de erosión predomina?	-	Sin prácticas de conservación sería en Regueros.
¿Ha sido perturbado mecánicamente?	Sí	Recientemente (últimos 6meses)
Tipo de suelo	LS	Baja cohesión de arenas en húmedo (Arenoso-franco)
¿Se produce riego?	NO	
Abundancia de raíces %/Tipo	*Muy finas*	A (en línea de cultivo)
	Finas	MdA (en línea de cultivo)
	Medias	P
	Gruesas	N

FACTOR "P"	Código	**Descripción**
Curvas de nivel	NO	
Ángulo de desviación		
Altura del caballón		
Fajas	NO	
Alternancia		
Anchura		
Posición		
Terrazas	NO	
Tipo		
Separación		
Pendiente		

OBSERVACIONES (Indicar rotación de cultivo; labores, qué profundidad alcanzan, cuándo y cómo se realizan):

Se trata de un viñedo laboreado siguiendo la línea de máxima pendiente. La separación entre filas es de 5 m y la distancia entre cepas es de 1,8 m, lo que suponen 1111 pies/ha. Las viñas ocupan una franja de 2 m continua y cada cepa proyecta de media 2 m de diámetro sobre el suelo. Se observa un mayor vigor que en la parcela 5.

Fotos 17. Parcela nº6 de viñedo en línea de máxima pendiente. Tomada por Miguel Florensa Lorente.

El suelo presenta a simple vista mejores condiciones para el cultivo de viñedo, en comparación con la parcela 5. Tiene una textura arenosa-franca, y se ve ligera incorporación de las hojas de la vid. No se observan regueros, lo que se puede deber a la suave pendiente y a que además se acaba de realizar un aporcado de las cepas.

Fotos 18. Parcela nº6 de viñedo en línea de máxima pendiente, textura arenosa franca. Tomada por Miguel Florensa Lorente.

La secuencia de operaciones de cultivo se han basado en “BAEZA et al, 2002”, adaptadas las fechas de siembra y recolección según “MAPA, 2001”.

FICHA DE CAMPO FORESTAL

Parcela nº	7	**AUTOR:**	Miguel Florensa Lorente
Fecha:	7.11.2011	**COLABORA:**	----------

Tamaño/Dimensiones (ancho*largo)	10x10	**Tipo de Vegetación en el mapa**	Repoblación de *Pinus halepensis* y *Pinus pinea*
Término municipal	CA		
Coordenadas(x,y,z) en metros		**Tipo edafológico en mapa**	Regosol dístrico (arcosas)
(419523, 4449401, 548)		**Pendiente en el mapa**	40% (media)
Orientación	SE	**Tipo de Erosión dominante**	Laminar

FACTOR "K"	Código	**Descripción**
Toma de muestras		Análisis textural al tacto
Estructura	2	Muy Fina (< 1mm). Muy grumosa.
Permeabilidad	4	Moderadamente lenta
*Textura	9	Franco arcillo-arenosa (SCL). No muy adhesiva (más limo)
Pedregosidad % y tipo	5%	Valores modales: 2-5mm y 2-3cm
Rocosidad%	0%	"----------"
Pendiente	aprox. 50%	Medida en campo
Reacción de M.O con H_2O_2	Sí	Ligera
Profundidad del H.orgánico.	1	Color: no apreciable

FACTOR "LS"	Código	**Descripción**
Toma de muestra		Medida en campo
Forma de laderas	--	
Pendiente % (S1;S2)		P1=55%; P2=20%
Longitud de ladera (L1+L2)	22 m	L1=20; L2=2; medidas sobre el terreno
Uso general del suelo	For-Ganad.	Forestal-Ganadero ovino.

FACTOR "C" Forestal	Código	**Descripción**	
Tipo de cubierta	Leñosa	Estrato superior:	Estrato inferior:
Canopy cover	60%		"----------"
Altura efectivo de caída (m)	7 m		"----------"
Cubierta vegetal viva	65%		
% de cubierta del suelo	70%	Sólo residuos del 65%; 5%	
Altura media de la rugosidad	2 cm	Uniforme	
¿Qué tipo de erosión predomina?	L	Laminar, raíces descubiertas	
¿Ha sido perturbado mecánicamente?	No		
Tipo de suelo	SCL	Suelo bastante cohesionado (Franco arcillo-arenoso)	
Pastoreo	SÍ	Forestal-Ganadero ovino.	
Abundancia de raíces %/Tipo	Muy finas	A	
	Finas	A	
	Medias	MdA	
	Gruesas	MdA	

FACTOR "P"	Código	**Descripción**
Curvas de nivel	NO	
Ángulo de desviación		
Altura del caballón		
Fajas	NO	
Alternancia		
Anchura		
Posición		
Terrazas	NO	
Tipo		
Separación		
Pendiente		

OBSERVACIONES (Indicar composición florística, y otros datos de interés):

La parcela se halla cerca de la unión del Arroyo de San Blas con el de Conmaleche en el que encontramos pinar de *Pinus halepensis* con pobre sotobosque (*Aspargus* sp. y *Lavandula* sp.). La pinocha se extiende de forma abundante por toda la superficie con un espesor que supera a veces el cm. Se observan pequeños brinzales de *Quercus ilex*. El suelo es franco arcillo-arenoso, muy fácilmente moldeable y probablemente posee mayor contenido de limos que otras parcelas.

Fotos 19, 20 y 21. Parcela nº7 de repoblación forestal madura. Se aprecia la cercanía a Arroyo de San Blas, la regeneración de Quercus ilex y la textura franco-arcillo arenosa (de izquierda a derecha respectivamente). Tomada por Miguel Florensa Lorente.

El marco de plantación es 4 x 6 m sobre un terreno de gran heterogeneidad y fuerte pendiente. Anteriormente existía una fuerte erosión en la zona que se ha visto atenuada tras el desarrollo de la repoblación y otras medidas de corrección de cauce y de estabilización de laderas.

Parámetros de la masa: dg = 25 cm; Hm =14m

FICHA DE CAMPO FORESTAL

Parcela nº	8	**AUTOR:**	Miguel Florensa Lorente
Fecha:	29.10.2011	**COLABORA:**	----------

Tamaño/Dimensiones (ancho*largo)	10x10	**Tipo de Vegetación en el mapa**	Trigal de secano
Término municipal	CA		
Coordenadas(x,y,z) en metros		**Tipo edafológico en mapa**	Luvisol órtico sobre Arcosas
(04222490, 4448716, 641)		**Pendiente en el mapa**	0-5%
Orientación	S	**Tipo de Erosión dominante**	No se aprecia

FACTOR "K"	Código	**Descripción**
Toma de muestras		Análisis textural al tacto
Estructura	2	Muy Fina (< 1mm). Grumosa
Permeabilidad	4	Moderadamente lenta
*Textura	9	Franco arcillosa (SCL)
Pedregosidad % y tipo	1	<1%
Rocosidad%	0%	"----------"
Pendiente	4,5%	Medida en campo.
Reacción de M.O con H_2O_2	Sí	Ligera.
Profundidad del H.orgánico.	1	Color: no apreciable

FACTOR "LS"	Código	**Descripción**
Toma de muestra		Medida en campo.
Forma de laderas	--	
Pendiente % (S1;S2)	4.5%	Bastante homogénea, termina en vaguada.
Longitud de ladera (L1+L2)	200 m	Medida sobre el terreno.
Uso general del suelo	For-Ganad.	Forestal-Ganadero ovino y caza.

FACTOR "C" Forestal	Código	**Descripción**	
Tipo de cubierta		Estrato superior:	Estrato inferior:
Canopy cover	90%	Herbáceas	"----------"
Altura efectivo de caída (m)	0,3		"----------"
Grado de recubrimiento del suelo			
% de rock and residue cover	10%	Sólo residuos.	
Altura media de la rugosidad	1cm	Uniforme.	
¿Qué tipo de erosión predomina?	-	No se observa ningún tipo.	
¿Ha sido perturbado mecánicamente?	SÍ	Hace unos 2 años.	
Tipo de suelo	SCL	Suelo bastante cohesionado (Franco arcillo-arenoso).	
Pastoreo	SÍ	Ovino.	
Abundancia de raíces %/Tipo	Muy finas	Ab	
	Finas	P	
	Medias	N	
	Gruesas	N	

FACTOR "P"	Código	**Descripción**
Curvas de nivel	NO	
Ángulo de desviación		
Altura del caballón		
Fajas	NO	
Alternancia		
Anchura		
Posición		
Terrazas	NO	
Tipo		
Separación		
Pendiente		

OBSERVACIONES (Indicar composición florística, y otros datos de interés):

Se trata de un erial a pastos donde todavía aparecen indicios de antiguos laboreos. La vegetación actual se compone de herbáceas anuales, principalmente de gramíneas, que cubren casi la totalidad de la superficie por lo que los riesgos erosivos son casi nulos. En los cultivos cercanos, se laborea en línea de máxima pendiente. Aunque la pendiente es inferior al 5%, al tratarse de laderas de bastante longitud, las labores pueden favorecer la erosión en regueros.

Fotos 22 y 23. Parcela nº8 de erial a pastos en zona oriental de la cuenca, con textura franco-arcillo arenosa y gran reacción al peróxido de hidrógeno. Tomada por Miguel Florensa Lorente.

El suelo es claramente más fino y grumoso. Se puede hacer un cilindro de 1 mm de diámetro y 10 cm de largo, es fácilmente moldeable y no presenta un tacto abrasivo da una textura franco arcillo-arenosa. En el mapa de suelos, la zona se encuentra dentro de los luvisoles órticos, lo que determina un horizonte B argílico o rico en arcilla. Como se observa en la foto superior derecha, la reacción con del suelo al echarle unas gotas de peróxido de hidrógeno (H_20_2) es elevada.

Fotos 24. Parcela nº8 de erial a pastos en zona oriental de la cuenca, se aprecia gran colonización de gramíneas tras abandono. Tomada por Miguel Florensa Lorente.

FICHA DE CAMPO AGRÍCOLA

Parcela nº	9	**AUTOR:**	Miguel Florensa Lorente
Fecha:	29.10.2011	**COLABORA:**	José Florensa Vila

Tamaño/Dimensiones (ancho*largo)	10x10	**Tipo de Vegetación en el mapa**	Olivar de secano
Término municipal	CA		
Coordenadas(x,y,z) en metros		**Tipo edafológico en mapa**	Cambisol dístrico sobre Arcosas
(0421266, 4449653, 616)		**Pendiente en el mapa**	5-10%
Orientación	SE	**Tipo de Erosión dominante**	Regueros poco profundos

FACTOR "K"	Código	**Descripción**
Toma de muestras		Análisis textural al tacto.
Estructura	2	Fina (1-2mm)
Permeabilidad	4	Moderadamente lenta.
*Textura	9	Franco arcillo-arenosa (SCL).
Pedregosidad % y tipo	10%	Grava fina, de 2-4mm en Superficie del 10%.
Rocosidad%	0%	"----------"
Pendiente	5,3%	Medida en campo.
Reacción de M.O con H_2O_2	SÍ	Muy ligera.
Profundidad del H.orgánico.	1	Color: Inapreciable

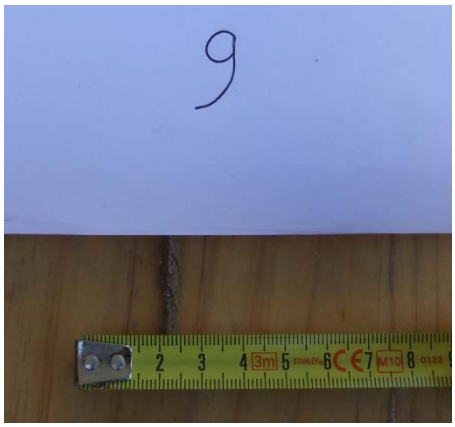
FACTOR "LS"	Código	**Descripción**
Toma de muestra		Medida en campo.
Forma de laderas		Ondulada.
Pendiente % (S1;S2)	5,3%	S1=5,3% ; S2=7%
Longitud de ladera (L1+L2)	100 m	L1=40m , L2=60m; medidas sobre el terreno.
Uso general del suelo	Agr.	Cultivo del Olivo.

FACTOR "C" Forestal	Código	**Descripción**
Tipo de cubierta (Leñosa/Herbácea)	L	Olivar de entre 3-4m.
Canopy cover	14%	Filas separadas 10m.
Altura efectivo de caída (m)	1,5	Hmedia=1,50m.
Cubierta vegetal viva	5%	Herbácea.
% de cubierta del suelo	14%	Incl. restos de herbáceas y hojas de olivo, más arenas gruesas
Altura media de la rugosidad cm	5,7	
¿Qué tipo de erosión predomina?	R/L	Regueros poco profundos, se observa ligera peana (laminar)
¿Ha sido perturbado mecánicamente?	SÍ	Recientemente laboreado.
Tipo de suelo	SCL	Franco arcillo-arenoso.
¿Se produce riego?	NO	"----------"
Abundancia de raíces %/Tipo	*Muy finas*	MdA (bajo copa)/ N entre calles.
	Finas	MdA (bajo copa)/ N entre calles.
	Medias	P (bajo copa)/ N entre calles.
	Gruesas	P (bajo copa)/ N entre calles.

FACTOR "P"	Código	**Descripción**
Curvas de nivel	NO	
Ángulo de desviación		
Altura del caballón		
Fajas	NO	
Alternancia		
Anchura		
Posición		
Terrazas	NO	
Tipo		
Separación		
Pendiente		

OBSERVACIONES (Indicar rotación de cultivo; labores, qué profundidad alcanzan, cuándo y cómo se realizan):

La altura de la rugosidad ha descendido seguramente debido a la lluvia de días atrás. En los olivos, que tienen cierta edad, se observan peanas de alrededor de 20cm. Los olivos poseen copa amplia, de unos 4,25 m de diámetro y están bastante separados entre sí, siendo el marco de 8x9m aproximadamente, aunque hay algun cepas muertas no remplazadas. Las labores se realizan en línea de máxima pendiente.



Fotos 25, 26 y 27. Parcela nº9 de olivar en zona noroccidental de la cuenca I, laboreo en línea de máxima pendiente, textura franco arcillo-arenosa y abundancia de raicillas y residuos bajo la copa. Tomada por Miguel Florensa Lorente.

La secuencia de operaciones de cultivo se ha basado en "Blog Sabor Artesano" y "GARCÍA et. al, 2004" adaptadas las fechas de siembra y recolección según "MAPA, 2001".

FICHA DE CAMPO FORESTAL

Parcela nº	10	**AUTOR:**	Miguel Florensa Lorente
Fecha:	12.11.2011	**COLABORA:**	----------

Tamaño/Dimensiones (ancho*largo)	10x10	**Tipo de Vegetación en el mapa**	Matorral bajo, pastizal estacional (solana)
Término municipal	CA		
Coordenadas(x,y,z) en metros		**Tipo edafológico en mapa**	Regosol dístrico (Arcosas)
(0419270, 449153, 583)		**Pendiente en el mapa**	35% (media)
Orientación	S	**Tipo de Erosión dominante**	Regueros/Laminar

FACTOR "K"	Código	**Descripción**
Toma de muestras		Análisis textural al tacto
Estructura	3	Gruesa (2-5mm)
Permeabilidad	3	Moderada
*Textura	SL	Arenosa franca
Pedregosidad % y tipo	2	3% de Fragmentos de cuarzo (2-8cm)
Rocosidad%	0%	"----------"
Pendiente	7	Aprox. del 35%
Reacción de M.O con H_2O_2	SÍ	Muy leve, similar a cultivo agrícola.
Profundidad del H.orgánico.	-	Inapreciable

FACTOR "LS"	Código	**Descripción**
Toma de muestra		Medida en campo.
Forma de laderas	--	Irregular
Pendiente % (S1;S2)		P1=40% y P2=20%
Longitud de ladera (L1+L2) en m		L1= 46,5m y L2 = 4 m. Medida sobre el terreno.
Uso general del suelo	For-Ganad.	Forestal-Ganadero ovino y caza.

FACTOR "C" Forestal	Código	**Descripción**	
Tipo de cubierta	L/H	Estrato superior:	Estrato inferior:
Canopy cover	5%	Stipa gigantea	"----------"
Altura efectivo de caída (m)	0,30m		"----------"
Grado de recubrimiento del suelo	30%	30% vegetación/residue	*Thymus* y *Lavandula* sp.
% de rock and residue cover	33%	3% de pedregosidad	
Altura media de la rugosidad	0,7cm	0,28"	
¿Qué tipo de erosión predomina?	R/L	Regueros de varios cm.	
¿Ha sido perturbado mecánicamente?	NO		
Tipo de suelo	SL	Arenosa Franca	
Pastoreo	SÍ	Ovino	
Abundancia de raíces %/Tipo	Muy finas	MdA-P	
	Finas	P	
	Medias	N	
	Gruesas	N	

FACTOR "P"	Código	**Descripción**
Curvas de nivel	NO	
Ángulo de desviación		
Altura del caballón		
Fajas	NO	
Alternancia		
Anchura		
Posición		
Terrazas	NO	
Tipo		
Separación		
Pendiente		

OBSERVACIONES (Indicar composición florística, y otros datos de interés):

Aparecen en superficie gran cantidad de elementos gruesos del tipo gravillas de entre 2-4 mm, que no aparecen en las zonas de umbría. Esto nos refleja erosión laminar generalizada, aunque también el suelo está menos evolucionado y se adscribe a los regosoles dístricos. El suelo aparece compactado.

Fotos 28. Parcela nº10 de matorral bajo-pastizal en solana cerca del Río Guadarrama, textura arenosa franca Tomada por Miguel Florensa Lorente.

En ciertas zonas aparecen regueros medianamente profundos de menos de 10 cm en general. La vegetación se compone mayoritariamente de *Thymus zygis*, *Thymus mastichina*, y *Lavandula stoechas* subsp. *pedunculata*. Aparecen pies de *Retama sphaerocarpa* y *Stipa gigantea*. Se trata de una orientación de solana.

Fotos 29. Parcela nº10 de matorral bajo-pastizal en solana cerca del Río Guadarrama, cubierta vegetal escasa. Tomada por Miguel Florensa Lorente.

6.2 Cálculo de los factores R, K, LS, C Y P para las distintas parcelas:

Para la zona de estudio, el factor R es de 61 hJ*cm*(h*m2*año)$^{-1}$. Su obtención se puede en consultar Apéndice 2. Su entrada en el programa se realiza como aparece a continuación:

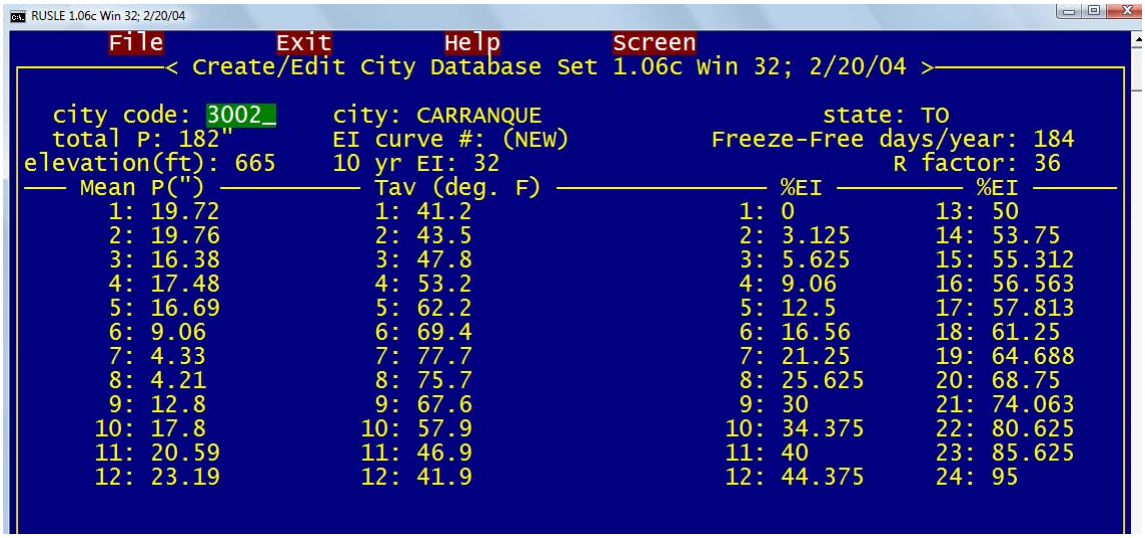


Imagen 3. Entrada de datos de precipitaciones (en pulgadas) y temperaturas (en ºFahrenheit) medias mensuales; del valor de R (erosividad pluvial) y su distribución quincenal en %EI.

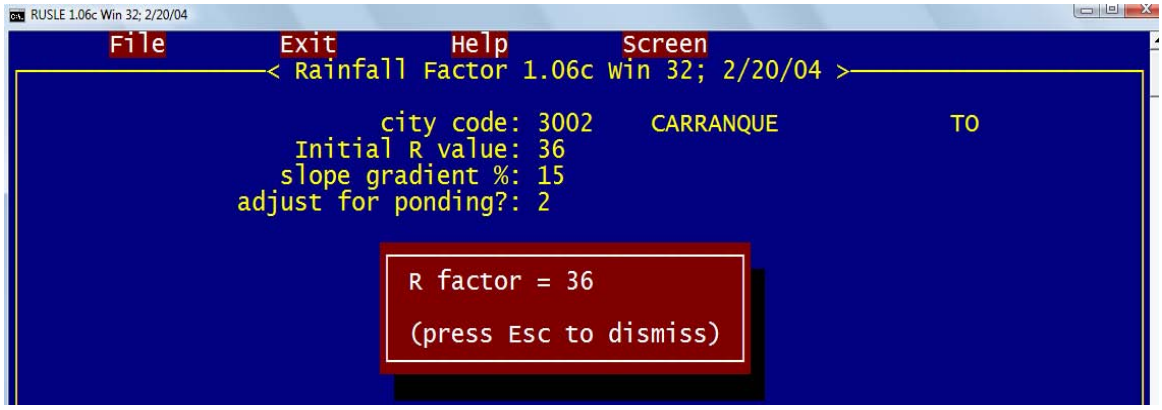


Imagen 4. Entrada de del valor R sin ajuste.

El resto de parámetros pueden variar mucho de zona en zona, y de un uso a otro. Para ilustrar mejor lo anterior, expondremos 3 parcelas: la nº1 que corresponde al cultivo de trigo bajo laboreo intensivo; la nº2 que es matorral-bajo pastizal; y la nº6 con viñedo de secano también bajo laboreo intensivo. Posteriormente, se presentan las fichas del factor C y P para el resto de las parcelas.

6.2.1 Ejemplo 3º: cultivo de trigo: Parcela nº1:

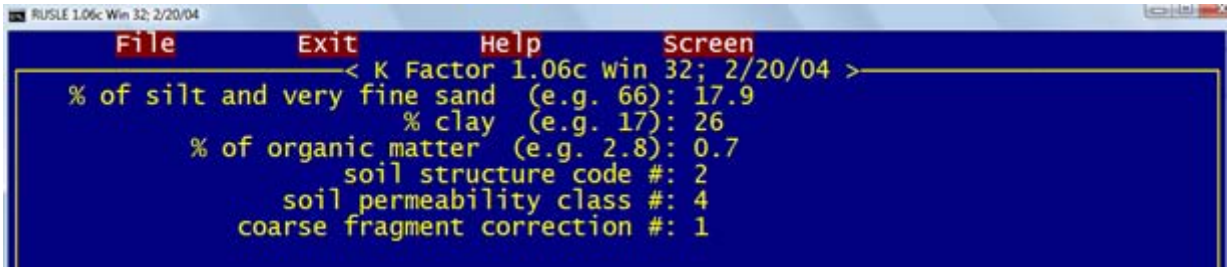


Imagen 5. Entrada del factor K para parcela nº1 a partir de los parámetros de textura, del %M.O., estructura del suelo y grado de permeabilidad.

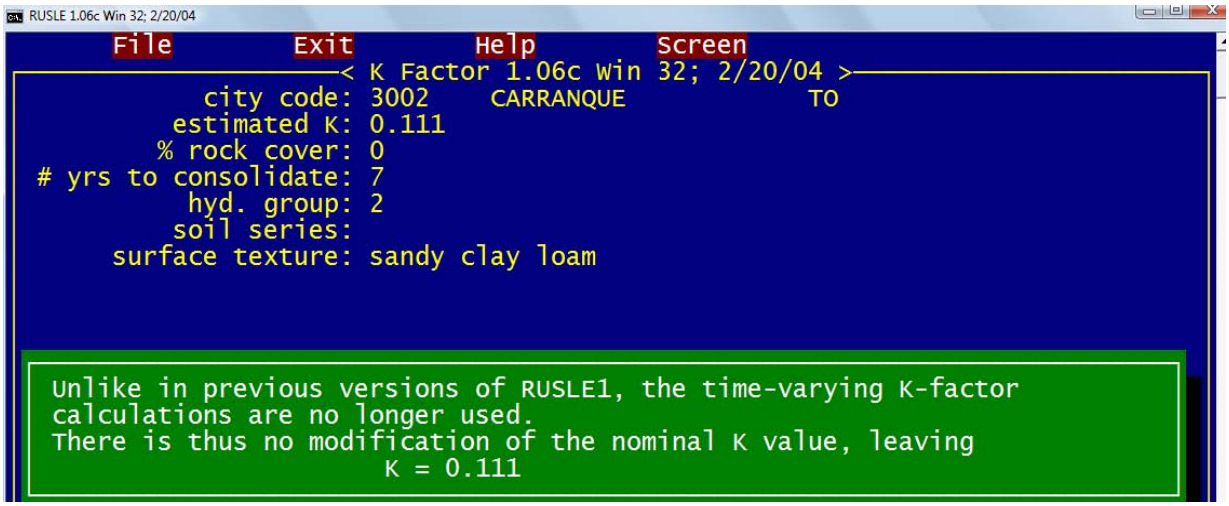


Imagen 6. Salida de la subrutina del cálculo del factor K para la parcela nº1.

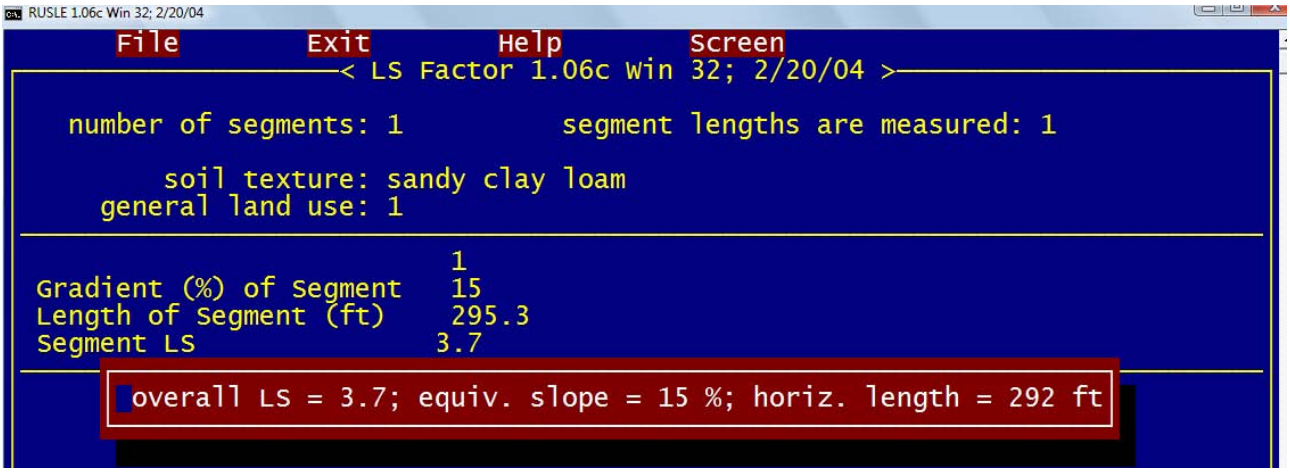


Imagen 7. Salida de la subrutina del cálculo del factor LS a partir de los requerimientos de pendiente (%), longitud de ladera (en pies) medida sobre el terreno.

```
RUSLE 1.06c Win 32; 2/20/04
File        Exit        Help        Screen
< Time-varying C: general inputs 1.06c Win 32; 2/20/04 >
                    city code: 3002    CARRANQUE          TO
 adjust for soil moisture depletion: 1
% surface covered by rock fragments: 0___
surface cover function; B-value code: 1      landuse shown in LS: 1
     number of years in the rotation: 1
                                          #       Veg.
                                        1   winter wheat miguel
```

```
RUSLE 1.06c Win 32; 2/20/04
File        Exit        Help        Screen
< Time-varying C: operations 1.06c Win 32; 2/
1/1   veg.: winter wheat miguel_  senescence code: 1
Date        Field Operation        Res. Add. (#/A)
11/15/0     planter; ridge-til F
11/30/0     begin growth
2/1/1       add other crop res.        400
2/15/1      mulch treader      F
7/1/1       harvest                    4000
9/15/1      disk har; plow     F
10/20/1     disk har; plow     F
```

Imagen 8. Secuencia de operaciones culturales en el tiempo y adición de residuos orgánicos para el cálculo de la C agrícola.

```
RUSLE 1.06c Win 32; 2/20/04
File        Exit        Help        Screen
< Create/Edit Veg. Database Set 1.06c Win 32; 2/20/04 >
veg.: winter wheat miguel_        category: 1
res. @ harv. (lb/A): 4000    row spacing (in): 0    plant pop. (#/A): 890000
surf. res. decomp. cons.: 0.01700      sub. res. decomp. cons.: 0.01700
res. at 30% cover (#/A): 600     at 60% cover: 1550    at 90% cover: 3400
```

days of growth	root mass #/Ac (in top 4")	canopy cover (%)	fall height (ft)	days of growth	root mass #/Ac (in top 4")	canopy cover (%)	fall height (ft)
0	0	0	0	180	340	100	2
15	30	10	0.1	195	400	100	2
30	120	10	0.16	210	660	20	0.5
45	300	10	0.2	225	1000	20	0.5
60	320	15	0.2	240	1200	20	0.5
75	320	20	0.3	255	1200	20	0.5
90	320	60	0.5	270	750	20	0.5
105	320	80	0.7	285	500	20	0.5
120	320	90	1.4	300	250	0	0
135	320	100	1.7	315	100	0	0
150	320	100	1.8	330	100	0	0
165	320	100	1.9	345	100	0	0

Imagen 9. Grado de recubrimiento y altura de caída de la lluvia interceptada, así como ratios de descomposición de residuos y otros parámetros de crecimiento del cultivo de trigo.

```
RUSLE 1.06c Win 32; 2/20/04
File        Exit        Help        Screen
< C Factor: results by operations 1.06c Win 32; 2/20/04 >
 veg. # 1/1: winter wheat miguel        prev. veg.: winter wheat miguel
```

operation		% res. cover after op.	op. date	next op. date	SLR	%EI
planter; ridge-til	F	0	11/15/0	11/30/0	0.68	5.1
begin growth		0	11/30/0	2/1/1	0.667	20.3
add other crop res.		21	2/1/1	2/15/1	0.235	3.2
mulch treader	F	4	2/15/1	7/1/1	0.163	41.2
harvest		92	7/1/1	9/15/1	0.021	11.0
disk har; plow	F	9	9/15/1	10/20/1	0.12	9.1
disk har; plow	F	1	10/20/1	11/15/1	0.192	10.1

```
Rotation C Factor = 0.277        Veg. C Factor = 0.277
```

Imagen 10. Salida de la subrutina de cálculo de la C agrícola (secuencia operacional).

Imagen 11. Tabla resumen de los factores de la ecuación RUSLE y correspondiente pérdidas de suelo final para la parcela nº1.

6.2.2 Ejemplo 2º: Matorral en umbría: Parcela nº2

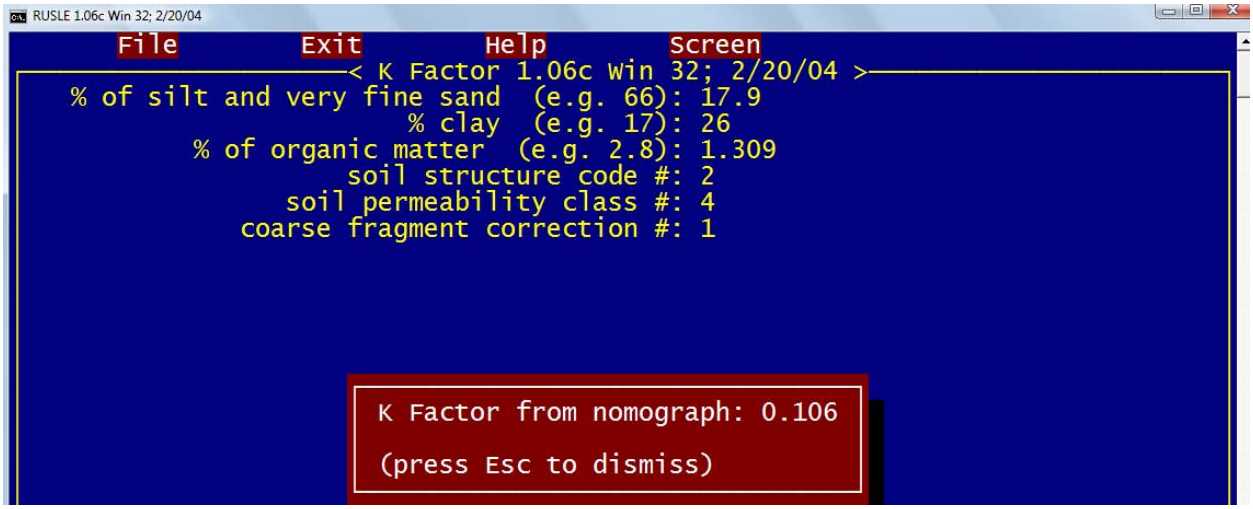


Imagen 12. Entrada del factor K para parcela nº2 a partir de los parámetros de textura, del %M.O., estructura del suelo y grado de permeabilidad.

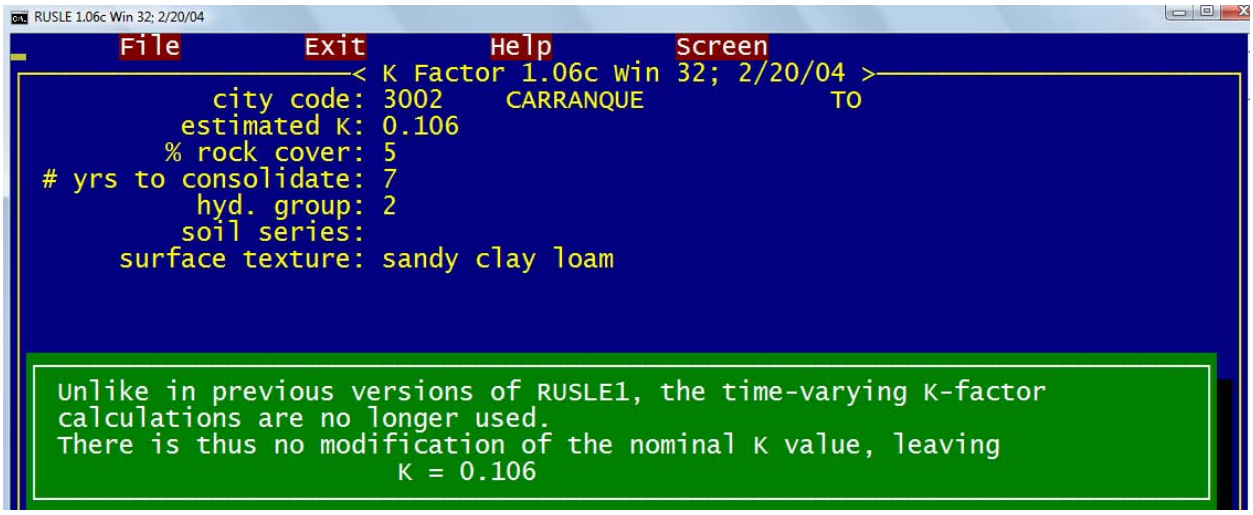


Imagen 13. Salida de la subrutina del cálculo del factor K para la parcela nº2.

```
RUSLE 1.06c Win 32; 2/20/04
File        Exit        Help        Screen
-----------------------< LS Factor 1.06c Win 32; 2/20/04 >-----------------------

  number of segments: 1          segment lengths are measured: 1

        soil texture: sandy clay loam
    general land use: 6

                                 1
Gradient (%) of segment          65
Length of segment (ft)           114.8
Segment LS                      9.629

    overall LS = 9.63; equiv. slope = 65 %; horiz. length = 96.3 ft
```

Imagen 14. Salida de la subrutina del cálculo del factor LS a partir de los requerimientos de pendiente (%), longitud de ladera (en pies) medida sobre el terreno para la parcela nº2.

```
RUSLE 1.06c Win 32; 2/20/04
File        Exit        Help        Screen
-----------------------< Time-invariant C 1.06c Win 32; 2/20/04 >-----------------------
      where get vegetation information?: 3


  effective root mass (lb/ac) in top 4": 400
                      % canopy cover: 40
              average fall height (ft): 1.2
 roughness (in) for the field condition: 0.3        C = 0.045
  has there been mechanical disturbance: 1


 total % ground cover (rock and residue): 62
     % surface covered by rock fragments: 5
      % vegetative residue surface cover: 60
 surface cover function; B-value choice: 2        b-value: 0.030

      1. b = 0.025: dominated by interrill erosion if the soil were bare
      2. b = 0.030
      3. b = 0.035: equal rill/interrill erosion if the soil were bare
      4. b = 0.040
      5. b = 0.045: coarse soil; low ppt.; cover strongly affects runoff
      6. b = 0.050: dominated by rill erosion if the soil were bare
      7. b = 0.055
      8. b = 0.060

    % vegetative residue surface cover: 60
surface cover function; B-value choice: 2        b-value code: 2
```

Imagen 15. Salida de la subrutina de cálculo de la C forestal para la parcela nº2.

```
RUSLE 1.06c Win 32; 2/20/04
File        Exit        Help        Screen
-----------------------< RUSLE 1.06c Win 32; 2/20/04 >-----------------------
              Soil Loss and Sediment Yield Computation Worksheet

filename     R   x   K   x   LS  x   C   x   [P   |  SDR]  =   A   |   SY
-------------------------------------------------------------------------
2MATORRL     36      0.12    9.63    0.04    1.00    1.00  =   2       2
```

Imagen 16. Tabla resumen de los factores de la ecuación RUSLE y correspondiente pérdidas de suelo final para la parcela nº1.

6.2.3 Ejemplo 3º: Viñedo de secano: Parcela nº6

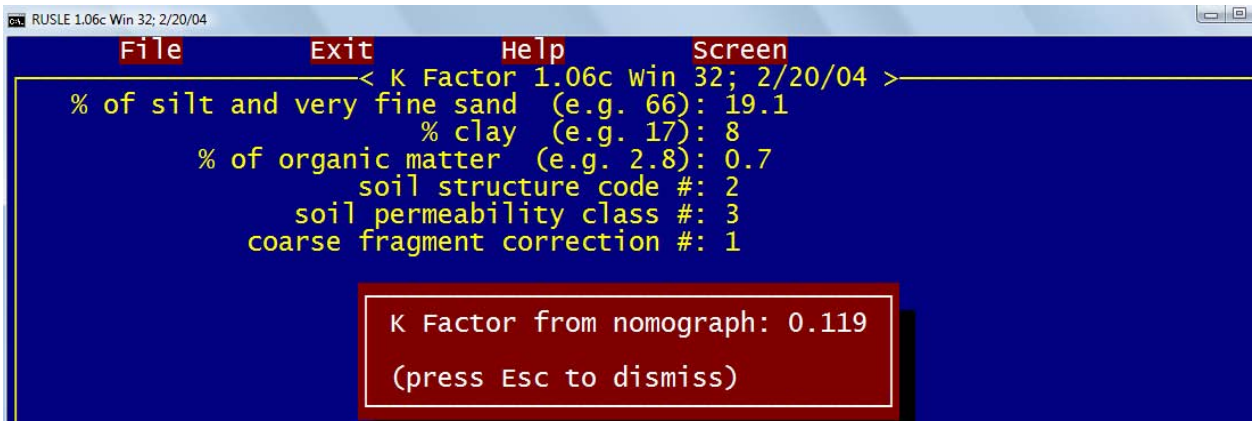


Imagen 17. Entrada del factor K para parcela nº6 a partir de los parámetros de textura, del %M.O., estructura del suelo y grado de permeabilidad.

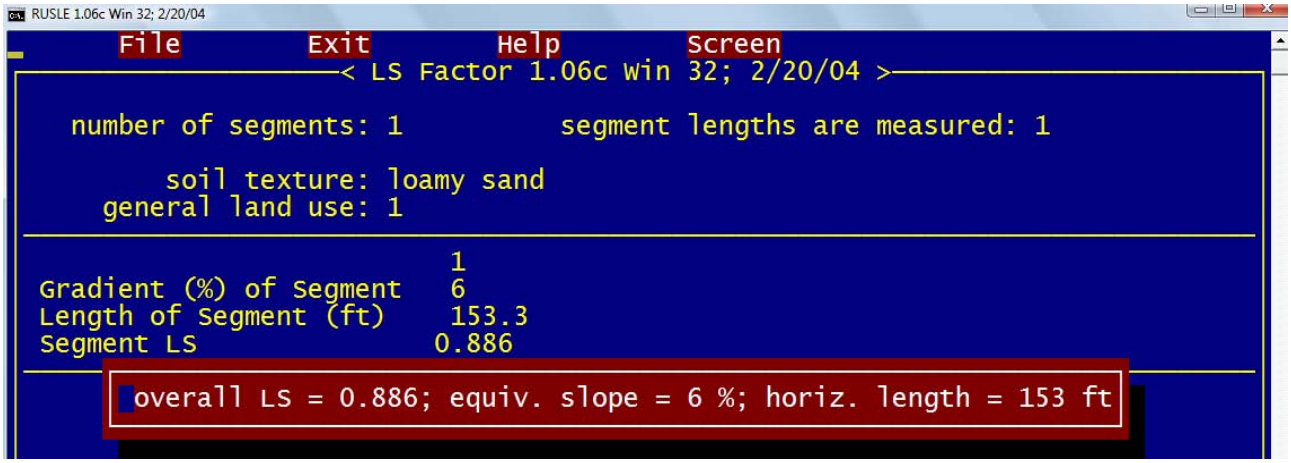


Imagen 18. Salida de la subrutina del cálculo del factor LS a partir de los requerimientos de pendiente (%), longitud de ladera (en pies) medida sobre el terreno para la parcela nº6.

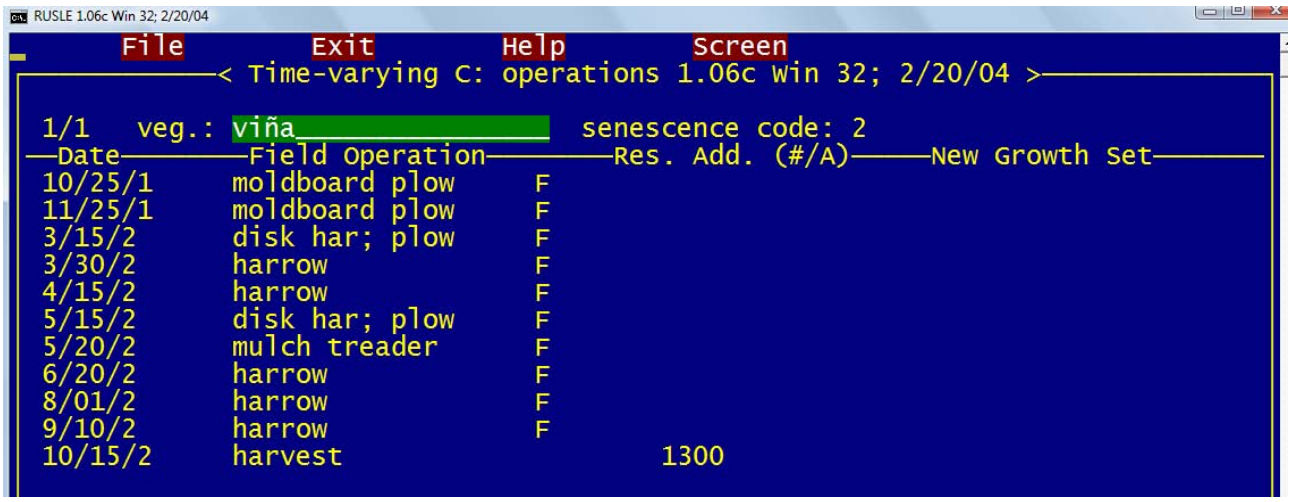


Imagen 19. Secuencia de operaciones culturales en el tiempo y adición de residuos orgánicos para el cálculo de la C agrícola.

RUSLE 1.06c Win 32; 2/20/04

File Exit Help Screen

< Create/Edit Veg. Database Set 1.06c Win 32; 2/20/04 >

veg.: viña category: 1

res. @ harv. (lb/A): 1300 row spacing (in): 0 plant pop. (#/A): 0

surf. res. decomp. cons.: 0.01500 sub. res. decomp. cons.: 0.01500

res. at 30% cover (#/A): 600 at 60% cover: 0 at 90% cover: 0

days of growth	root mass #/Ac (in top 4")	canopy cover (%)	fall height (ft)	days of growth	root mass #/Ac (in top 4")	canopy cover (%)	fall height (ft)
0	100	10	2	180	100	27.6	2
15	100	10	2	195	100	27.6	2
30	100	10	2	210	100	27.6	2
45	100	10	2	225	100	27.6	2
60	100	10	2	240	100	27.6	2
75	100	10	2	255	100	27.6	2
90	100	20	2	270	100	27.6	2
105	100	27.6	2	285	100	27.6	2
120	100	27.6	2	300	100	20	2
135	100	27.6	2	315	100	10	2
150	100	30	2	330	100	10	2
165	100	30	2	345	100	10	2

Figura 20. Grado de recubrimiento y altura de caída de la lluvia interceptada, así como ratios de descomposición de residuos y otros parámetros de crecimiento del cultivo de trigo.

RUSLE 1.06c Win 32; 2/20/04

File Exit Help Screen

< C Factor: results by operations 1.06c Win 32; 2/20/04 >

veg. # 1/1: viña prev. veg.: viña

operation		% res. cover after op.	op. date	date next op.	SLR	%EI
moldboard plow	F	0	10/25/1	11/25/1	0.502	11.9
moldboard plow	F	0	11/25/1	3/15/2	0.5	32.7
disk har; plow	F	0	3/15/2	3/30/2	0.521	4.4
harrow	F	0	3/30/2	4/15/2	0.536	4.7
harrow	F	0	4/15/2	5/15/2	0.535	8.7
disk har; plow	F	0	5/15/2	5/20/2	0.528	1.7
mulch treader	F	0	5/20/2	6/20/2	0.553	10.1
harrow	F	0	6/20/2	8/01/2	0.535	9.4
harrow	F	0	8/01/2	9/10/2	0.535	4.6
harrow	F	0	9/10/2	10/15/2	0.535	8.6
harvest		0	10/15/2	10/25/2	0.566	3.3

Rotation C Factor = 0.522 Veg. C Factor = 0.522

Imagen 21. Salida de la subrutina de cálculo de la C agrícola (secuencia operacional).

RUSLE 1.06c Win 32; 2/20/04

File Exit Help Screen

< RUSLE 1.06c Win 32; 2/20/04 >

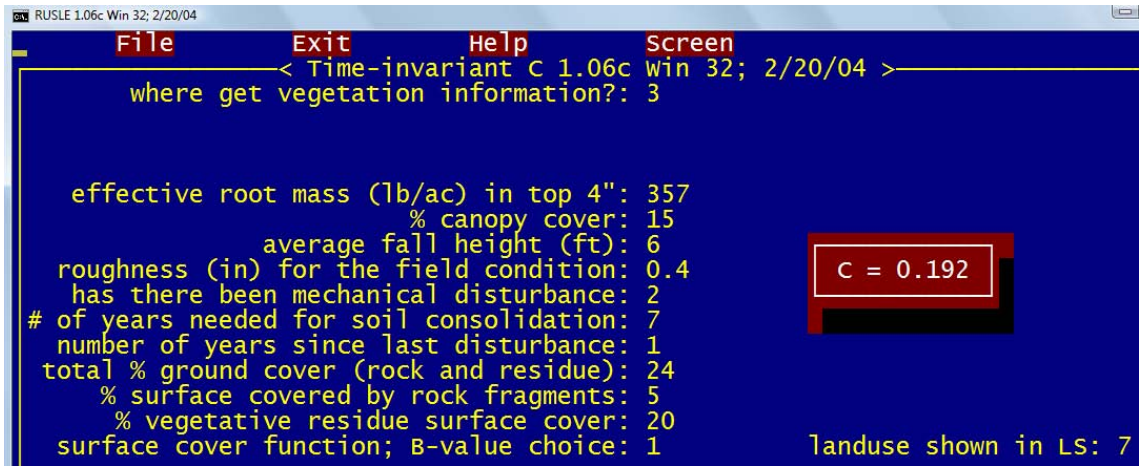
Soil Loss and Sediment Yield Computation Worksheet

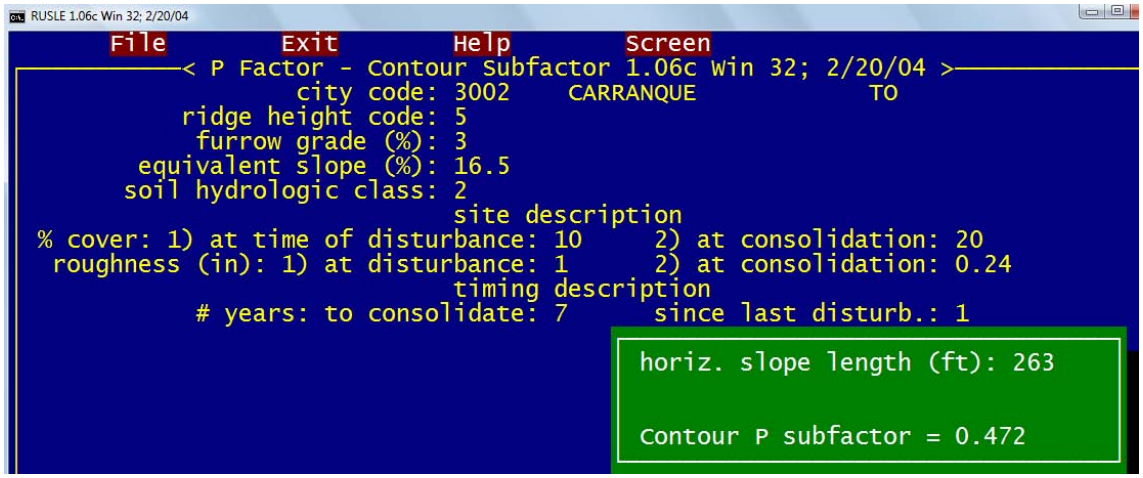
filename	R	x	K	x	LS	x	C	x	[P	SDR]	=	A	SY
6VIÑA	36		0.12		0.89		0.50		1.00	1.00	=	2	2
	0		0		0		0		0	0	=	0	0

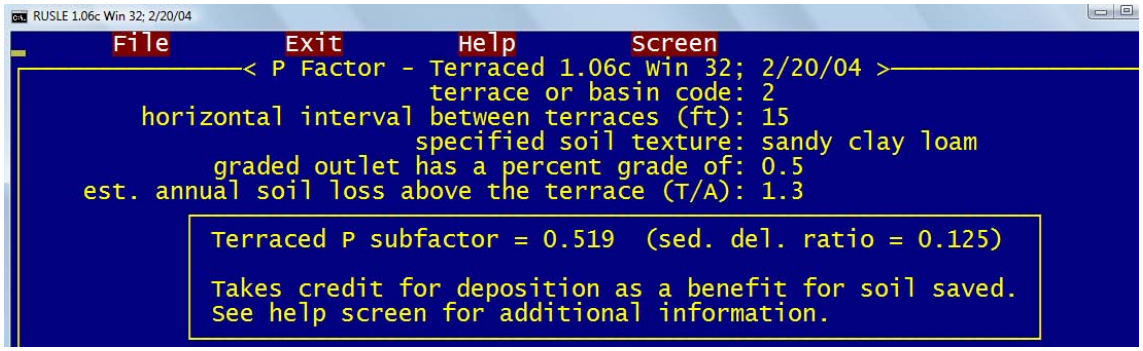
Imagen 22. Tabla resumen de los factores de la ecuación RUSLE y correspondiente pérdidas de suelo final para la parcela nº6.

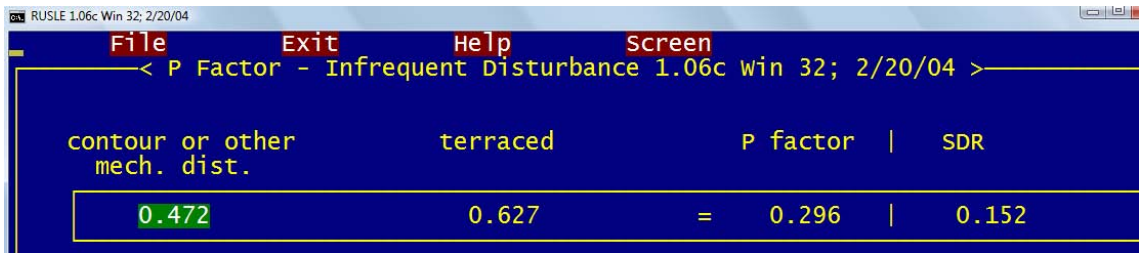
6.2.4- Factor C y P del resto de parcelas:

➔ **Factor C y P de parcela nº4 de Repoblación forestal joven**: Imágenes 23, 24, 25 y 26.

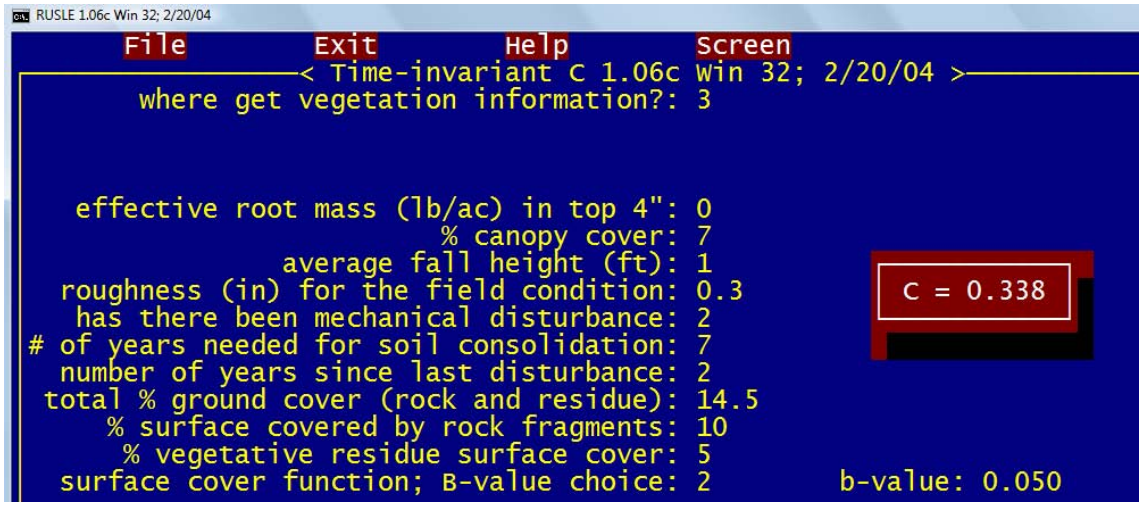




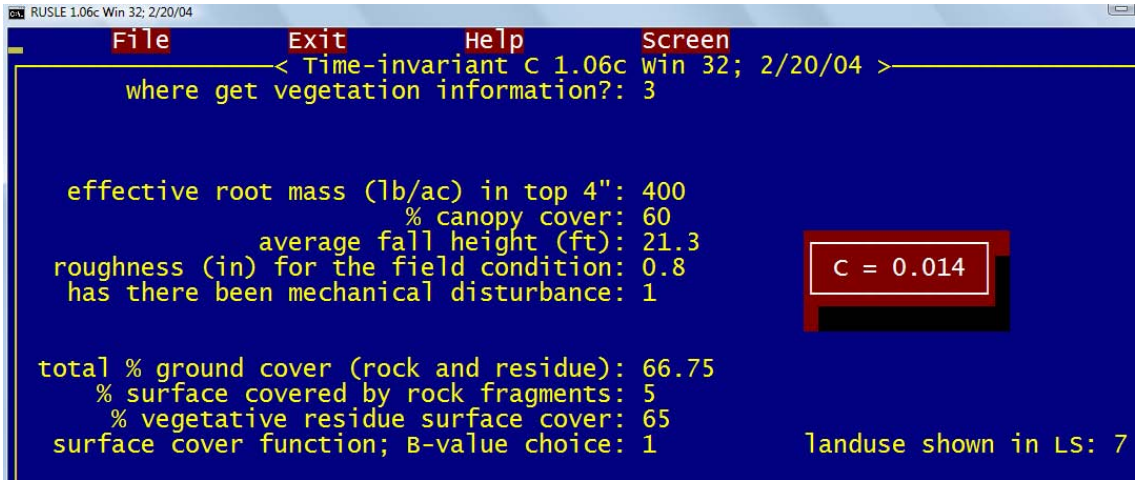




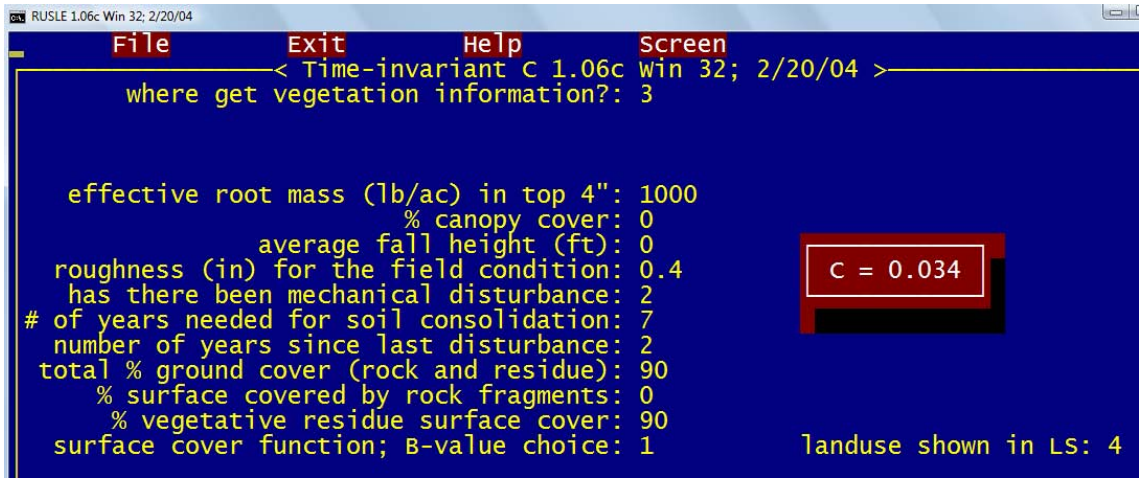
➔ **Factor de parcela nº5 de Viñedo abandonado**: Imagen 27.



➔ **Factor C en parcela nº7 de Repoblación madura de *Pinus halepensis***: Imagen 28.



➔ **Factor C de parcela nº8 de Erial a pastos**: Imagen 29.



➔ **Factor C de parcela nº9 de Olivar en secano:** Imágenes 30, 31 y 32.

```
RUSLE 1.06c Win 32; 2/20/04
File        Exit        Help        Screen
< Time-varying C: general inputs 1.06c Win 32; 2/20/04 >
                          city code: 3002_   CARRANQUE          TO
  adjust for soil moisture depletion: 1
 % surface covered by rock fragments: 10
surface cover function; B-value code: 5
     number of years in the rotation: 1
                                                  #       Veg.
                                                  1   OLIVAR
```

```
RUSLE 1.06c Win 32; 2/20/04
File        Exit        Help        Screen
< Create/Edit Veg. Database Set 1.06c Win 32; 2/20/04 >
          veg.: OLIVAR_____________        category: 1
res. @ harv. (lb/A): 300     row spacing (in): 0    plant pop. (#/A): 110000
surf. res. decomp. cons.: 0.01000      sub. res. decomp. cons.: 0.01000
res. at 30% cover (#/A): 600     at 60% cover: 0       at 90% cover: 0
```

days of growth	root mass #/Ac (in top 4")	canopy cover (%)	fall height (ft)	days of growth	root mass #/Ac (in top 4")	canopy cover (%)	fall height (ft)
0	600	14.2	5	180	600	14.2	5
15	600	14.2	5	195	600	14.2	5
30	600	14.2	5	210	600	14.2	5
45	600	14.2	5	225	600	14.2	5
60	600	14.2	5	240	600	14.2	5
75	600	14.2	5	255	600	14.2	5
90	600	14.2	5	270	600	14.2	5
105	600	14.2	5	285	600	14.2	5
120	600	14.2	5	300	600	14.2	5
135	600	14.2	5	315	600	14.2	5
150	600	14.2	5	330	600	14.2	5
165	600	14.2	5	345	600	14.2	5

```
RUSLE 1.06c Win 32; 2/20/04
File        Exit        Help        Screen
< C Factor: results by operations 1.06c Win 32; 2/20/04 >
 veg. # 1/1: OLIVAR          prev. veg.: OLIVAR
                        % res. cover    op.          date
```

operation		% res. cover after op.	op. date	date next op.	SLR	%EI
harvest in olive		0	1/15/1	2/15/1	0.601	5.9
disk harrow in oliva		0	2/15/1	4/1/1	0.585	12.4
disk harrow in oliva		0	4/1/1	6/1/1	0.589	18.8
harrow	F	0	6/1/1	7/1/1	0.598	10.0
harrow	F	0	7/1/1	9/1/1	0.597	7.8
harrow	F	0	9/1/1	10/15/1	0.596	10.7
disk harrow in oliva		0	10/15/1	12/15/1	0.587	25.9
mulch treader	F	0	12/15/1	1/15/2	0.605	8.5

```
Rotation C Factor = 0.592        Veg. C Factor = 0.592
```

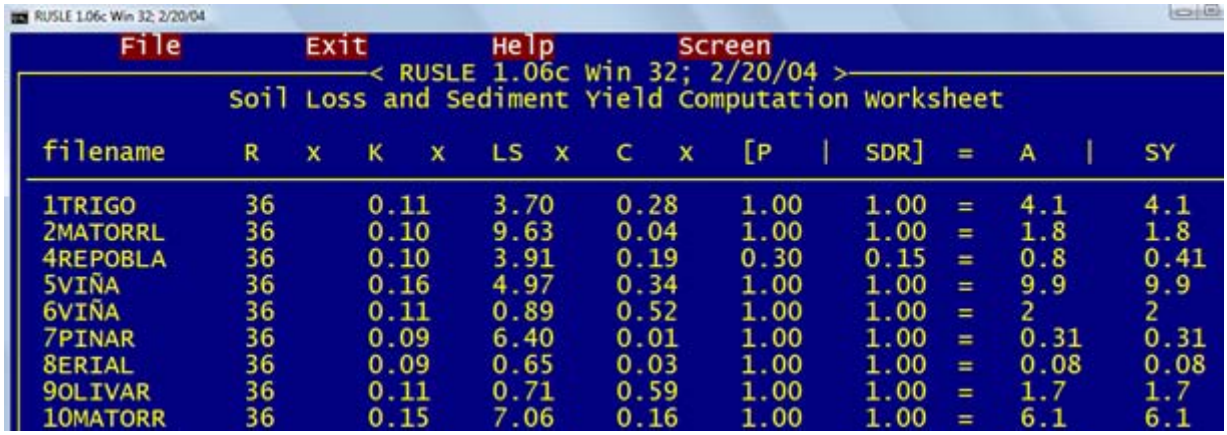
➔ **Factor C de parcela nº10 de matorral bajo-pastizal en solana**: Imagen 33.

```
RUSLE 1.06c Win 32; 2/20/04
File        Exit        Help        Screen
< Time-invariant C 1.06c Win 32; 2/20/04 >
      where get vegetation information?: 3

   effective root mass (lb/ac) in top 4": 200
                        % canopy cover: 5
                 average fall height (ft): 1
  roughness (in) for the field condition: 0.28
   has there been mechanical disturbance: 1

 total % ground cover (rock and residue): 33.5
     % surface covered by rock fragments: 5
      % vegetative residue surface cover: 30
  surface cover function; B-value choice: 2        b-value: 0.025
```

C = 0.158

6.2.5 Resumen de las parcelas analizadas a partir del modelo RUSLE:

Primero se presentan los resultados tal y como aparecen en el programa RUSLE 1.06c, es decir, en el Sistema de Unidades Americano (S.U.A.). A continuación se ha efectuado el cambio de unidades al Sistema Internacional de Unidades (S.I.U.). Para cualquier duda sobre la conversión de unidades se puede consultar el Apéndice nº 5.



RUSLE 1.06c Win 32; 2/20/04

File Exit Help Screen

< RUSLE 1.06c Win 32; 2/20/04 >

Soil Loss and Sediment Yield Computation Worksheet

filename	R	x	K	x	LS	x	C	x	[P	SDR]	=	A	SY
1TRIGO	36		0.11		3.70		0.28		1.00	1.00	=	4.1	4.1
2MATORRL	36		0.10		9.63		0.04		1.00	1.00	=	1.8	1.8
4REPOBLA	36		0.10		3.91		0.19		0.30	0.15	=	0.8	0.41
5VIÑA	36		0.16		4.97		0.34		1.00	1.00	=	9.9	9.9
6VIÑA	36		0.11		0.89		0.52		1.00	1.00	=	2	2
7PINAR	36		0.09		6.40		0.01		1.00	1.00	=	0.31	0.31
8ERIAL	36		0.09		0.65		0.03		1.00	1.00	=	0.08	0.08
9OLIVAR	36		0.11		0.71		0.59		1.00	1.00	=	1.7	1.7
10MATORR	36		0.15		7.06		0.16		1.00	1.00	=	6.1	6.1

Imagen 34. Resumen de los factores del modelo RUSLE en las parcelas analizadas en el S.U.A. y las correspondientes pérdidas de suelo anuales promedio (A) en $t * acre^{-1} * año^{-1}$.

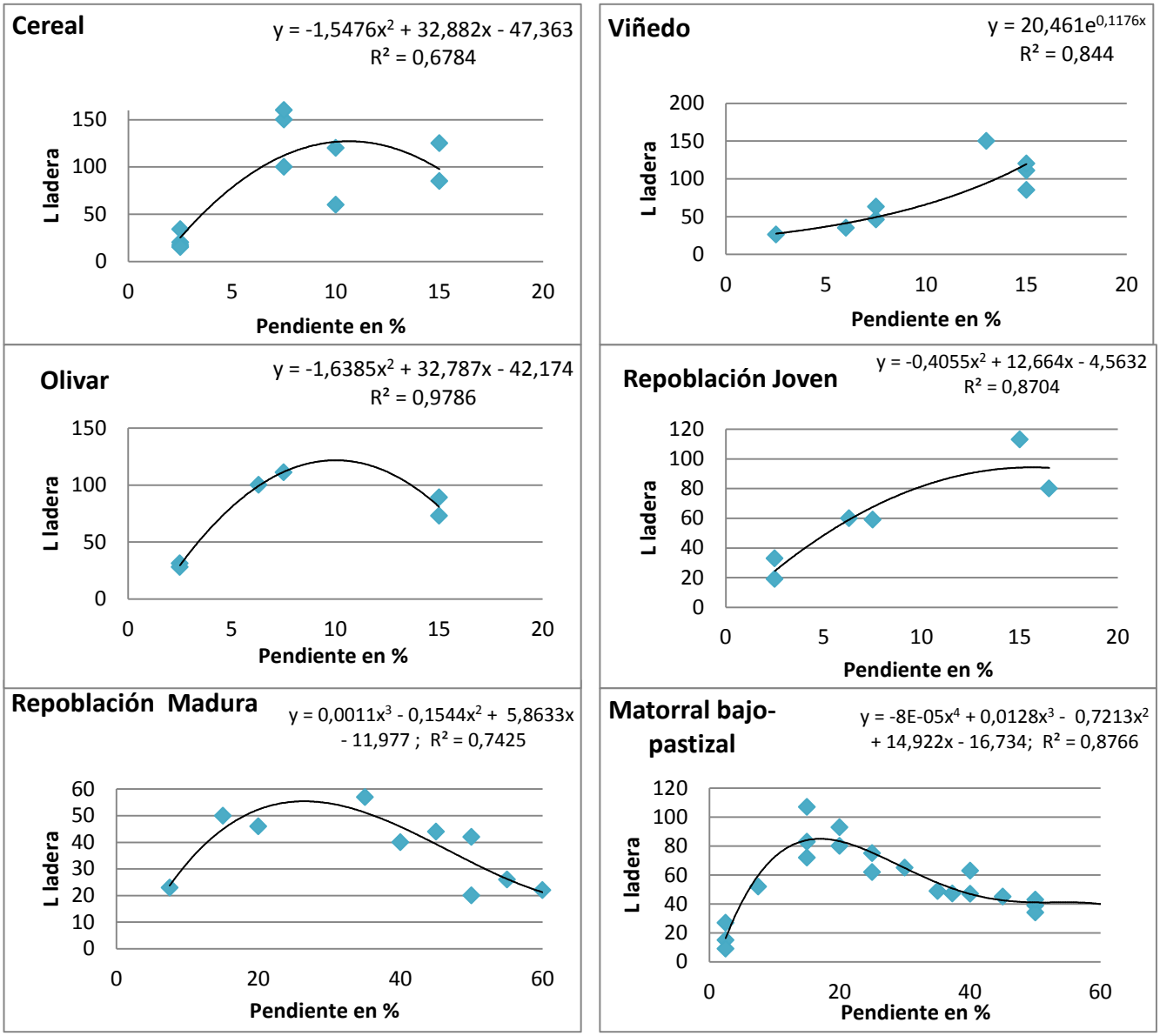
PARCELA	R	K	LS	C	P	SDR	A	SY
1. Trigal	61	0,146	3,7	0,2774	1	1	9,2	9,2
2. Matorral bajo-pastizal umbría	61	0,140	9,629	0,0453	1	1	3,7	3,7
4. Repoblación joven	61	0,140	3,91	0,192	0,296	0,15	1,9	0,9
5. Viñedo abandonado	61	0,216	4,97	0,3376	1	1	22,1	22,1
6. Viñedo	61	0,157	0,886	0,5216	1	1	4,4	4,4
7. Repoblación madura	61	0,125	6,397	0,014	1	1	0,7	0,7
8. Erial a pastos	61	0,130	0,646	0,038	1	1	0,2	0,2
9. Olivar	61	0,146	0,732	0,5924	1	1	3,9	3,9
10. Matorral bajo-pastizal solana	61	0,174	7,058	0,158	1	1	11,8	11,8

Tabla 5. Resumen de los factores del modelo RUSLE en las parcelas analizadas en unidades del S.I. y las correspondientes pérdidas de suelo anuales promedio. A y SY en $t * ha^{-1} * año^{-1}$

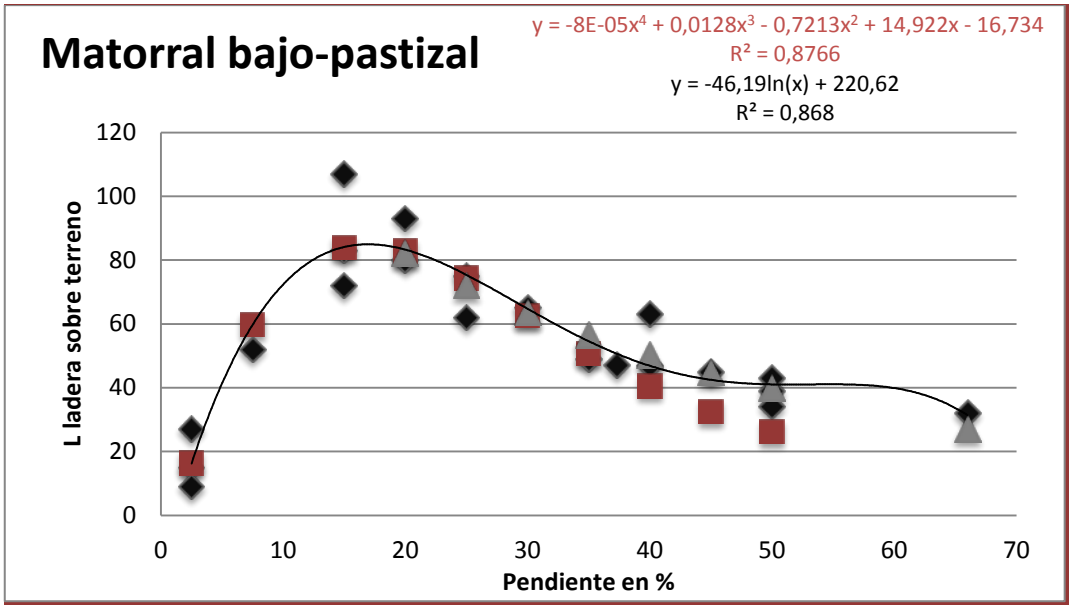
6.3- Generalización y ampliación de resultados de las parcelas a la zona de estudio.

6.3.1 Asignación del factor L por análisis estadístico. Factor LS combinado

Existe incertidumbre para asignar un valor determinado al factor L, debido a su gran variabilidad espacial y la multitud de laderas y usos que las cuencas vertientes presentan. Para ello, se recorren las zonas características en los diferentes usos, y que presentan una determinada pendiente. Por usos, se realiza posteriormente un ajuste de regresión y se establece la función matemática que mejor se ajusta a la nube de puntos.



Gráficos 4, 5, 6, 7, 8, 9. Análisis de regresión: longitud de ladera (m) - pendiente (%) para los principales usos del suelo.



**A partir del 30%, ajustamos la longitud de ladera con curva de neperian (triángulos)o, dado que la polinómica de 4º grado (cuadrados) da valores de L por defecto; es decir, estaríamos sub-estimando las zonas con mayores pendientes y más susceptibles de ser erosionadas.*

Gráfico 10. Análisis de Regresión del matorral bajo-pastizal para varios intervalos de pendiente y dos curvas diferentes.

Ahora podemos calcular la Longitud de ladera sobre el plano (proyección horizontal).

Pendiente media en %	**Longitud de ladera (m en HORIZONTAL) según vegetación**					
	Cereal	*Viñedo*	*Olivar*	*Repoblación joven*	*Repoblación madura*	*Matorral bajo-pastizal*
2,5	21,5	27,4	29,5	24,6	1,7	16,3
7,5	81,8	49,3	111,3	67,4	23,7	59,6
15	102,9	118,1	80,1	93,1	44,4	83,0
20	-	-	-	-	51,3	81,2
25	-	-	-	-	53,6	72,0
30	-	-	-	-	52,4	60,8*
35	-	-	-	-	48,4	53,2
40	-	-	-	-	42,6	44,9
45	-	-	-	-	36,0	40,1
50	-	-	-	-	29,2	35,7

Tabla 6. Longitud de ladera según uso y pendiente media.

6.3.2- Elaboración de las tablas de resumen para la generalización y ampliación de los resultados de las parcelas a la zona de estudio

Para la elaboración de las Tablas 7, 8 y 9, se tienen en cuenta las siguientes puntualizaciones en lo referente al cálculo de los 6 factores de la ecuación RUSLE:

1. El **factor LS** se calculará para cada uso con la subrutina de entrada en el programa RUSLE, a partir de la Tabla nº6 y otros parámetros requeridos por el programa. Habrá tantos factores LS como: $\sum_i^n n^{o} intervalos\ del\ uso\ i$.

2. Del **factor K** habrá un máximo de 3 valores por uso.

-Se distinguen las siguientes texturas que se codifican en las tablas y gráficos siguientes como:

1. Arenoso-franco
2. Franco-arcillo arenoso 1
3. Franco arcillo-arenoso 2

No se tiene constancia de que los tres tipos de suelo se encuentren en todos los usos, aún así se calcula el factor K para los tres tipos de suelo en cada uso. La zona urbana se considera, sólo a efectos de asignar un valor al factor K, como perteneciente al matorral-pastizal en solana. Además de la textura del suelo intervienen en la asignación del valor de K, otros factores que son inherentes al uso como se explica en el marco teórico

3. Cada uso o tipo de vegetación tiene asociado un **factor C** o de manejo de la cubierta:

En total, se han distinguido 8 valores de C. Se diferencian las repoblaciones entre: repoblaciones jóvenes y maduras; y el matorral-pastizal (abreviado como matorral) entre: solana o indiferente y umbría. La zona urbana no computa como erosionable y se le asigna un factor C de 0. La vegetación de ribera de ligera representación, no posee parcela propia por lo que se le da el valor de C de las repoblaciones forestales maduras por sus semejanzas

4. Sólo se realizan prácticas de conservación en las repoblaciones forestales jóvenes, a excepción de aquellas que se tienen en cuenta el manejo de los cultivos dentro del factor C. Por ello, sólo en dicho uso el valor del **factor P** es distinto de 1. En su cálculo se ha tenido en cuenta la información de la ficha de campo para la parcela nº4.

USO	R	K			LS (según % de pdte.)										C	P
		1	2	3	2,5	7,5	15	20	25	30	35	40	45	50		
Cereal	61	0,157	0,146	0,137	0,298	1,311	3,926	-	-	-	-	-	-	-	0,277	1
Viña	61	0,157	0,146	0,137	0,315	1,150	4,611	-	-	-	-	-	-	-	0,522	1
Olivo	61	0,157	0,146	0,137	0,325	1,773	4,163	-	-	-	-	-	-	-	0,592	1
Repob. madura	61	0,125	0,125	0,125	0,229	0,857	2,677	4,107	5,491	6,687	7,591	8,147	8,331	8,181	0,014	1
Repob. Joven	61	0,148	0,140	0,132	0,305	1,197	3,636	-	-	-	-	-	-	-	0,179	0,296
Matorral umbría	61	0,148	0,140	0,132	0,292	0,659	2,819	4,084	5,182	6,057	6,847	7,399	7,957	8,400	0,045	1
Matorral solana	61	0,202	0,174	0,137	0,292	0,659	2,819	4,084	5,182	6,057	6,847	7,399	7,957	8,400	0,158	1

Tabla 7. Resumen de factores RUSLE para diferentes usos, suelos y según tipo de ladera.

		Pérdidas de suelo por % pdte. y tipo de suelo									
USO	Suelo	2,5	7,5	15	20	25	30	35	40	45	50
Cereal	1	0,8	3,5	10,5							
	2	0,7	3,3	9,8							
	3	0,7	3,1	9,2							
Viña	1	1,6	5,8	23,1							
	2	1,5	5,4	21,5							
	3	1,4	5,0	20,2							
Olivo	1	1,8	10,1	23,7							
	2	1,7	9,4	22,1							
	3	1,6	8,8	20,7							
Repoblación madura	1	0,0	0,1	0,3	0,4	0,6	0,7	0,8	0,9	0,9	0,9
	2	0,0	0,1	0,3	0,4	0,6	0,7	0,8	0,9	0,9	0,9
	3	0,0	0,1	0,3	0,4	0,6	0,7	0,8	0,9	0,9	0,9
Repoblación joven	1	0,2	0,6	1,9							
	2	0,1	0,6	1,8							
	3	0,1	0,5	1,7							
Matorral umbría	1	0,1	0,3	1,2	1,7	2,1	2,5	2,8	3,0	3,3	3,4
	2	0,1	0,3	1,1	1,6	2,0	2,3	2,7	2,9	3,1	3,3
Matorral solana	1	0,6	1,3	5,5	8,0	10,1	11,8	13,4	14,4	15,5	16,4
	2	0,5	1,1	4,7	6,9	8,7	10,2	11,5	12,5	13,4	14,1
	3	0,4	0,9	3,7	5,4	6,9	8,0	9,1	9,8	10,6	11,1

Tabla 8. Pérdidas de suelo según uso, suelo y pendiente. En rojo zonas que superan la tolerancia media (9-11,2 t*ha-1*año-1) y en violeta cercanas a ella.

***Vulnerabilidad del suelo:**

La vulnerabilidad del suelo es la potencialidad que presenta un medio de sufrir procesos erosivos, de no existir vegetación o prácticas de conservación. Se calcula como R*K*L*S. En rojo se presentan suelos erosivos o con 50-100 t * ha^{-1} * $año^{-1}$. En violeta claro, aquellos medios medianamente erosivos comprendidos entre las 15-50 t * ha^{-1} * $año^{-1}$; el resto se enmarcan dentro de suelos no erosivos o con menos de 15 t * ha^{-1} * $año^{-1}$.

	Vulnerabilidad del suelo por % pdte. y tipo de suelo										
USO	Suelo	2,5	7,5	15	20	25	30	35	40	45	50
Cereal	1	2,9	12,6	37,9							
	2	2,7	11,7	35,3							
	3	2,5	11,0	33,1							
Viña	1	3,0	11,0	44,3							
	2	2,8	10,3	41,3							
	3	2,6	9,7	38,7							
Olivo	1	3,1	17,0	40,0							
	2	2,9	15,9	37,3							
	3	2,7	14,9	34,9							
Repoblación madura	1	1,8	6,7	20,8	31,9	42,7	52,0	59,0	63,3	64,8	63,6
	2	1,8	6,7	20,8	31,9	42,7	52,0	59,0	63,3	64,8	63,6
	3	1,8	6,7	20,8	31,9	42,7	52,0	59,0	63,3	64,8	63,6
Repoblación joven	1	3,0	11,6	35,2							
	2	2,8	11,0	33,4							
	3	2,6	10,4	31,5							
Matorral solana	1	3,6	8,1	34,8	50,4	64,0	74,8	84,5	91,4	98,2	**103,7**
	2	3,1	7,0	30,0	43,5	55,2	64,5	72,9	78,8	84,8	89,5
	3	2,5	5,5	23,7	34,3	43,5	50,8	57,5	62,1	66,8	70,5
Matorral umbría	1	2,6	6,0	25,5	36,9	46,8	54,7	61,9	66,9	71,9	75,9
	2	2,5	5,6	24,1	34,9	44,3	51,8	58,6	63,3	68,1	71,9

Tabla 9. Vulnerabilidad del suelo en unidades del S.I.

6.4 Mapa de los factores RUSLE y de pérdidas de suelo:

6.4.1 Elaboración del mapa de los factores RUSLE:

Nos sirve para analizar qué factores son responsables en mayor medida de la erosión calculada y delimitada según el Mapa de Pérdidas de Suelo, y cómo varía el valor de dichos factores según el uso.

Para materializar el mapa de cada uno de los factores RUSLE se utiliza el sistema de información geográfica "ArcGIS" en su versión 9.3. Para ello se han tenido que convertir los archivos de AutoCAD (mapas) de dwg a dxf, y todas las polilíneas en la entidad de polígonos lo que nos permite ejecutar la superposición de dichos mapas. Como los archivos se encontraban georreferenciado en el AutoCAD, no se producen cambios en las posiciones relativas de las coordenadas x e y.

Los valores asignados para cada factor y uso se encuentran recogidos en la **Tabla 7.**

* **Factor R:** como se comentó en el epígrafe 7.2 es constante para toda la cuenca

* **Factor K:** para delimitarlo en las cuencas se parte del Mapa edafológico, el cual se ha precisado más según lo contenido en las fichas de campo de las parcelas y la observación directa. En la asignación del valor de K se debe acoplar el mapa de texturas (corregido) con el Mapa de usos del suelo.

* **Factor LS:** irá asociado al Mapa de pendientes, donde se tienen digitalizados los intervalos de pendiente. Una vez se acople este mapa con el Mapa de usos del suelo, cada recinto nuevo generado tendrá asociado un código de pendiente y un uso del suelo, que le proporciona un factor LS determinado.

***Factores C y P:** la distribución espacial de los factores C y P se consigue por medio del Mapa de usos del suelo.

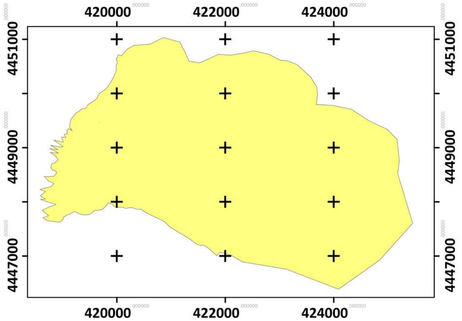
6.4.2 Elaboración del mapa de los factores RUSLE:

Una vez asignados los seis parámetros RUSLE, acoplamos los diferentes mapas por medio del ArcGIS 9.3. Al principio, se crean multitud de recintos cada uno de ellos con unas características de uso, suelo, pendiente y longitud de ladera que les distinguen de los circundantes y con un valor concreto de pérdidas de suelo. Como en dicho mapa la cantidad de recintos pequeños es elevada, agrupamos aquéllos recintos cuyo intervalo de pérdidas de suelo se encuentre de un determinado rango (ver Tabla 10).

Ya entonces podremos delimitar las zonas de actuación preferente, una vez analizada la tolerancia y sabiendo de qué superficie estamos hablando. Durante el solape de los mapas se crean a veces duplicidades de polígonos que se han corregido en la medida de lo posible.

Pérdidas de suelo $t*ha^{-1}*año^{-1}$	**Interpretación**	**Color**
<5	Bajo	Verde oliva oscuro
5-10	Ligero	Verde oliva claro
10-25	Moderado	Crema
25-50	Acusado	Amarillo
50-100	Alto	Naranja
>100	Extremo	Marrón

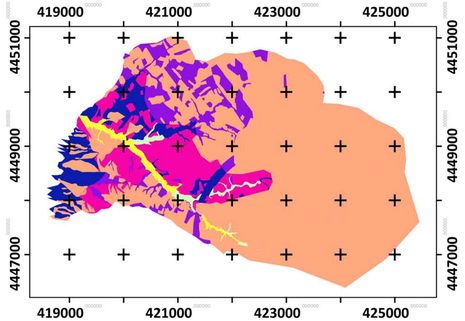
Tabla 10. Criterios de evaluación de la gravedad del problema erosivo y código de colores utilizados en "INES, 2002"



FACTOR R

R en hj*cm*(h*m2*año)-1

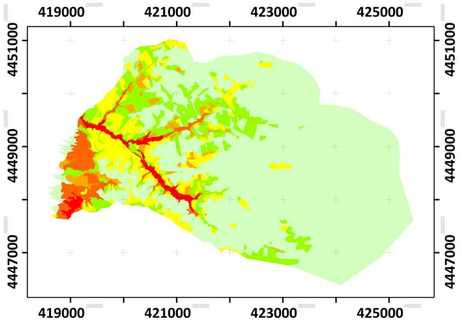
61



FACTOR K

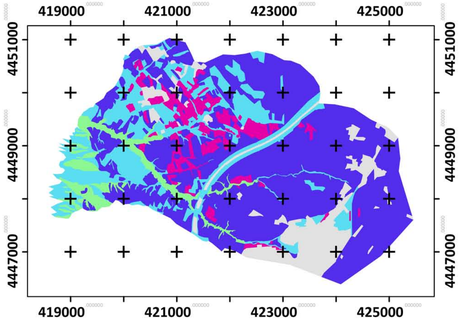
K en t * m2 * h * (ha * h j* cm)-1

- 0.09 - 0.11
- 0.11 - 0.13
- 0.13 - 0.15
- 0.15 - 0.17
- 0.17 - 0.19
- 0.19 - 0.21



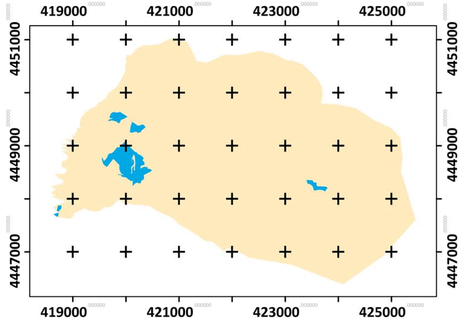
FACTOR LS

- 0- 1.5
- 1.5 - 3.0
- 3.0 - 4.0
- 4.0 - 5.0
- 5.0 - 7.5
- 7.5 - 12.0



FACTOR C

- Zona Urbana
- 0-0.10
- 0.10 - 0.20
- 0.20 - 0.40
- 0.40 - 0.60

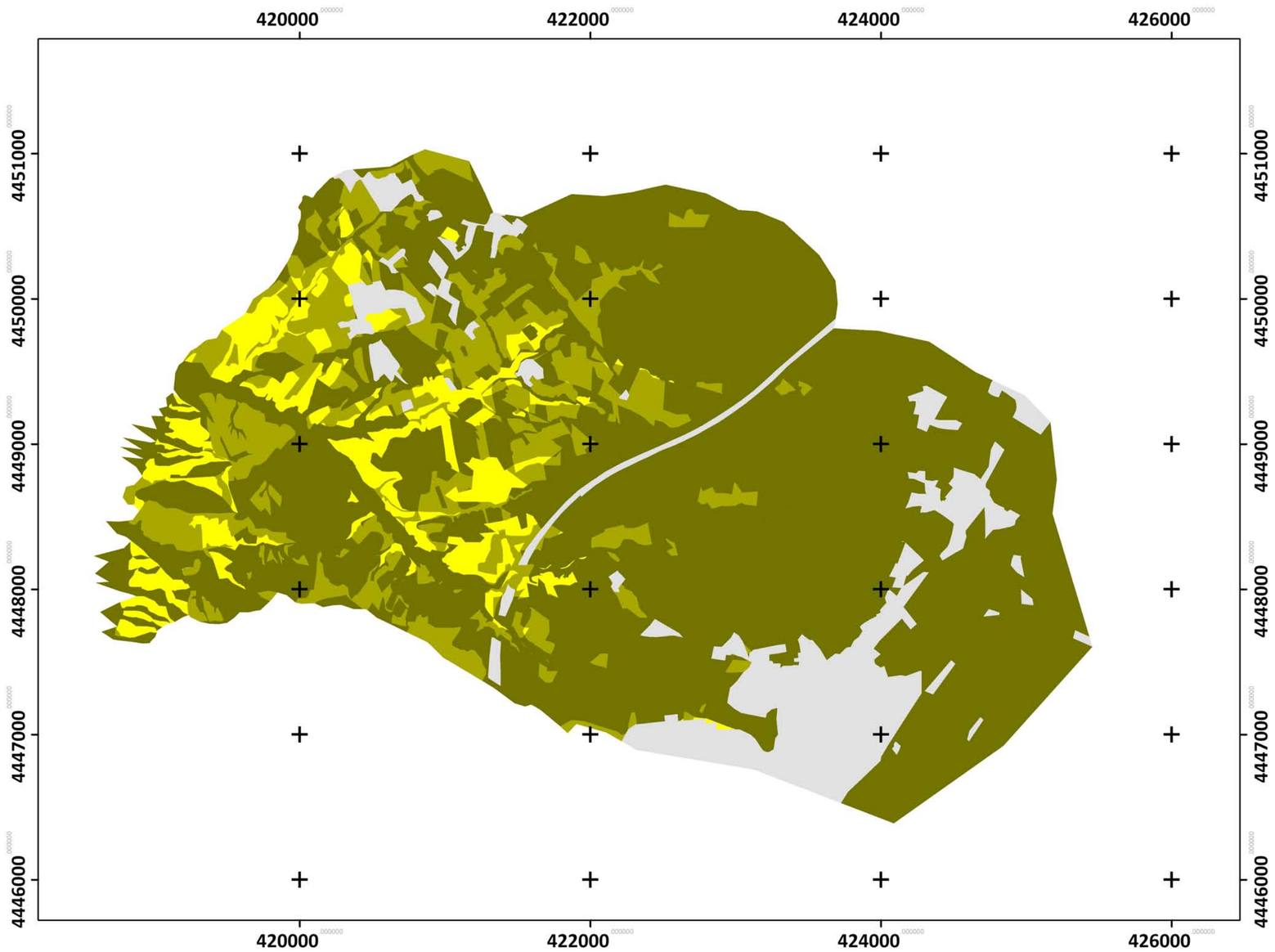


FACTOR P

- 0.2960 (Repoblación forestal joven)
- 1.0000

ESTUDIO DEL ESTADO EROSIVO DE LAS CUENCAS VERTIENTES AL RÍO GUADARRAMA A SU PASO POR CARRANQUE (TOLEDO)

Plano nº 7	Mapa de factores RUSLE
Hoja 1 de 2	Fecha: 04.01.2012
Escala 1 : 50.000 0 1,000 2,000 Meters	Autor: Miguel Florensa Lorente Fdo.:



Intervalos de pérdidas de suelo por erosión laminar y en regueros en t*ha-1*año-1

0	Zona Urbana
0-5	Erosión baja
5-10	Erosión ligera
10-25	Erosión moderada
25-50	Erosión acusada

ESTUDIO DEL ESTADO EROSIVO DE LAS CUENCAS VERTIENTES AL RÍO GUADARRAMA A SU PASO POR CARRANQUE (TOLEDO)

Plano nº 7	Mapa de pérdidas de suelo
Hoja 2 de 2	Fecha: 04.01.2012
Escala 1 : 25.000 0 1,000 Meters	Autor: Miguel Florensa Lorente Fdo.:

6.5- Resumen estadístico por superficies del Mapa de pérdidas de suelo:

USO	Superficie en ha del uso dentro del intervalo de erosión				Superficie total (ha)
	Bajo	Ligero	Moderado	Acusado	
	<5	5-10	10-25	25-50	
1. Cereal	950,0	109,0	57,5	0,0	1116,5
2. Olivo	10,2	62,7	26,5	0,0	99,4
3. Viña	8,0	26,8	9,7	0,0	44,6
4. Rep. madura	53,4	0,0	0,0	0,0	53,4
5. Rep. joven	44,8	0,0	0,0	0,0	44,8
6. Mat. umbría	54,9	0,0	0,0	0,0	54,9
7. Mat.solana	235,4	71,1	46,2	0,0	352,7
8. Z.Urbana	217,4	0,0	0,0	0,0	217,4
TOTAL	1574,2	269,5	140,0	0,0	1983,7

Tabla 11. Superficie de los usos en hectáreas afectada por erosión laminar y en regueros *según diferentes intervalos de pérdidas de suelo en t*ha^{-1}*año^{-1}.

USO	Superficie en % del uso dentro del intervalo de erosión		
	Bajo	Ligero	Moderado
	<5	5-10	10-25
1. Cereal	85,1	9,8	5,2
2. Olivo	10,3	63,0	26,7
3. Viña	18,0	60,1	21,8
4. Repoblación madura	100,0	0,0	0,0
5. Repoblación joven	100,0	0,0	0,0
6. Matorral umbría	100,0	0,0	0,0
7. Matorral solana	66,7	20,2	13,1

Tabla 12. Superficie de los usos en % afectada por erosión laminar y en regueros según diferentes intervalos de pérdidas de suelo en t*ha^{-1}*año^{-1}.

USO	Superficie en % de la zona de estudio afectada por erosión			Superficie total del uso (%)
	Bajo <5	Ligero 5-10	Moderado 10-25	
1. Cereal	47,9	5,5	2,9	56,3
2. Olivo	0,5	3,2	1,3	5,0
3. Viña	0,4	1,4	0,5	2,2
4. Repoblación madura	2,7	0,0	0,0	2,7
5. Repoblación joven	2,3	0,0	0,0	2,3
6. Matorral umbría	2,8	0,0	0,0	2,8
7. Matorral solana	11,9	3,6	2,3	17,8
8. Zona Urbana	11,0	0,0	0,0	11,0
TOTAL	79,4	13,6	7,1	100,0

Tabla 13. Superficie en % de la zona de estudio afectada por erosión laminar y en regueros según uso y diferentes intervalos de pérdidas de suelo en t*ha^{-1}*año^{-1}.

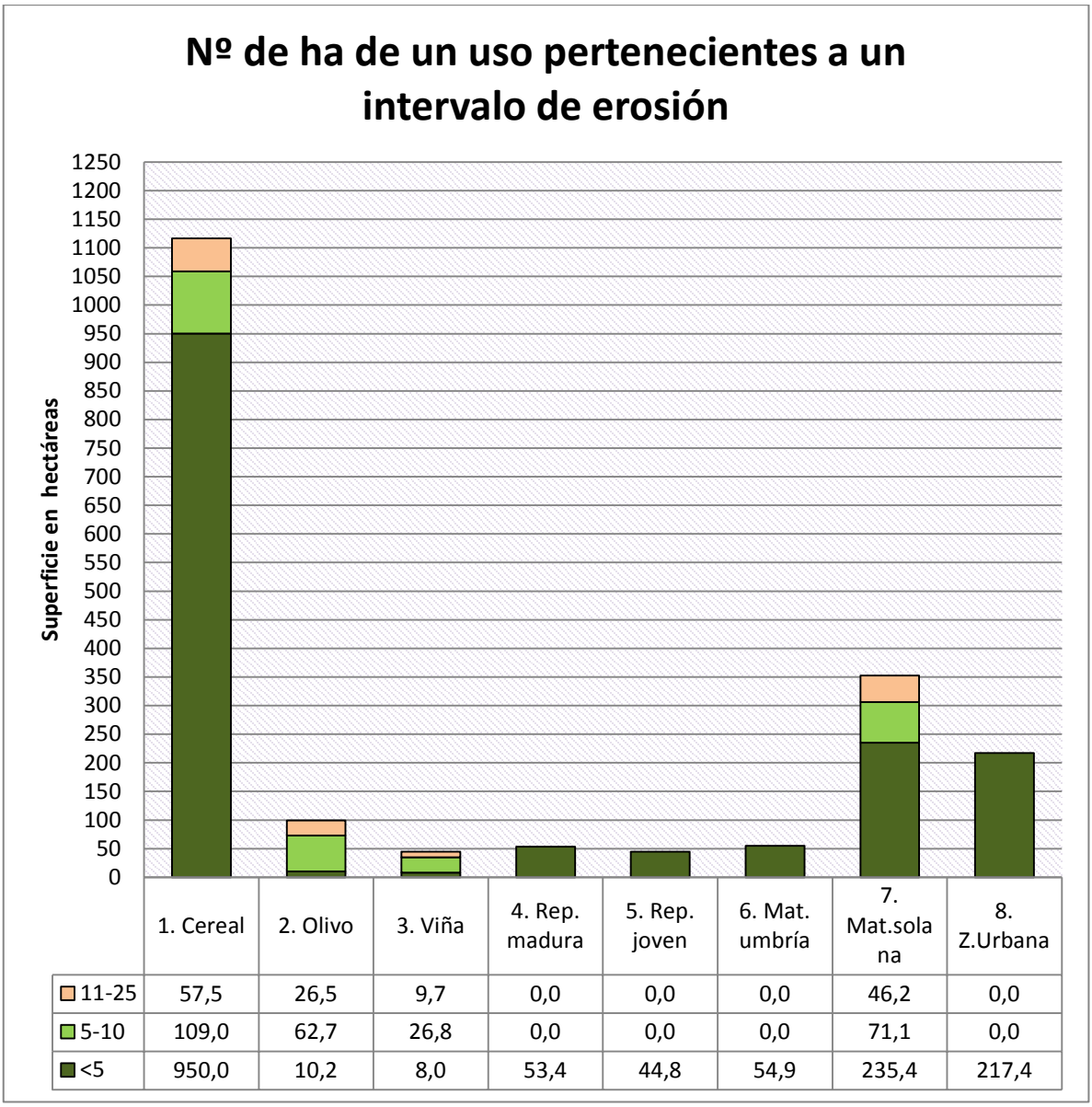


Gráfico 11. Superficie de los usos en ha afectada por erosión laminar y en regueros según diferentes intervalos de pérdidas de suelo en t*ha^{-1}*año^{-1}.

USO	Media ponderada de pérdida de suelo en t*ha-1*año-1 según intervalo de A			
	<5	5-10	11-25	TOTAL
1. Cereal	1,8	9,6	10,4	3,0
2. Olivo	1,7	9,3	20,7	11,5
3. Viña	1,4	5,6	23,2	8,7
7. Matorral solana	1,6	5,9	12,6	3,9

Tabla 14. Media ponderada dentro de cada intervalo de pérdidas de suelo, para aquellos usos con mayor erosión.

6.6 Estimación de la pérdida de suelo en una cárcava (Parcela nº3):

En un principio, se quería estudiar la dinámica de las cárcavas de la zona occidental (cuencas II-XVI), pero se requería autorización expresa de los propietarios. Desde el Ayuntamiento se desaconsejó estudiar esa zona al ser coto de caza y haberse abierto la temporada de caza, por lo que existía gran tránsito de perros y cazadores y estos podían lesionarse.

Por otro lado, la cárcava estudiada se halla en una zona bastante dinámica en cuanto a movimiento de tierras y resulta interesante estudiarla dado que representa una de las situaciones más desfavorables del área de estudio.

La parcela nº3 se halla bajo la autopista AP-41, inaugurada hace aproximadamente 6 años. Los socavamientos producidos en tan poco tiempo pueden estar afectando a los pilares y demás estructuras que salvan el desnivel de los puentes de la autopista con los arroyos de San Blas del Arenal y del Carcabón.

Tan rápido crecimiento se explica por la enorme escorrentía generada desde la autopista, que evacuada por la mediana y los laterales vierte directamente sobre el suelo desprovisto de vegetación y con una estructura franco arcillo-arenosa poco coherente. Se han observado estratos más arenosos en la parte baja de la cárcava. La incisión de la cárcava alcanza casi los 4 metros.

Ficha de campo de la cárcava:

6.6.1. Datos generales y reportaje fotográfico:

Parcela nº	3	**AUTOR:**	Miguel Florensa Lorente
Fecha 1ª medición	21.10.2011	**COLABORA:**	José Florensa Vila
Fecha 2ª medición	25.11.2011		

Tamaño	235 m²	**Orientación**	NO
Término municipal	CA	**Vegetación en el mapa**	Autopista AP-41
Coordenadas(x,y,z)		**Tipo de suelo en el mapa**	Cambisol dístrico sobre Arcosas
(0421342, 4447713, 609)		**Pendiente en el mapa**	20-30%
		Erosión dominante	En cárcavas

Foto 30. Parcela nº3 de análisis del aumento volumétrico en una cárcava. Situación a finales de Octubre. Tomada por Miguel Florensa Lorente

Foto 31. Parcela nº3 de análisis del aumento volumétrico en una cárcava. Medición de la profundidad inicial a finales de Octubre. Tomada por José Florensa Vila

Foto 32. Parcela nº3 de análisis del aumento volumétrico en una cárcava. Medición de la bajada de suelo a finales de Noviembre. Tomada por José Florensa Vila

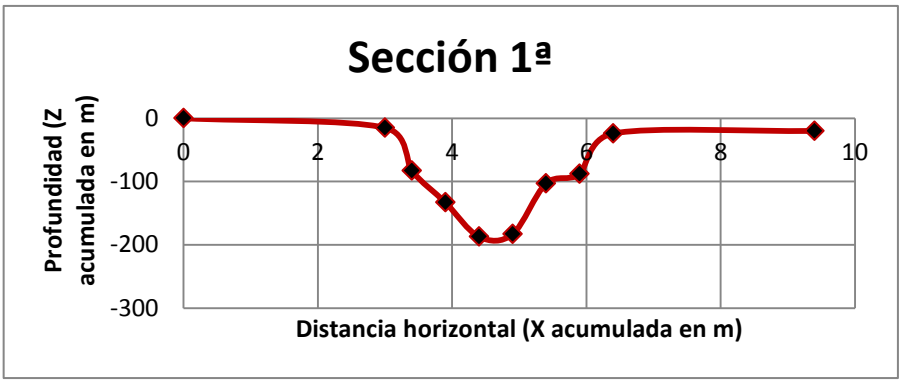
6.6.2- Mediciones de las dimensiones de la cárcava y representación gráfica:

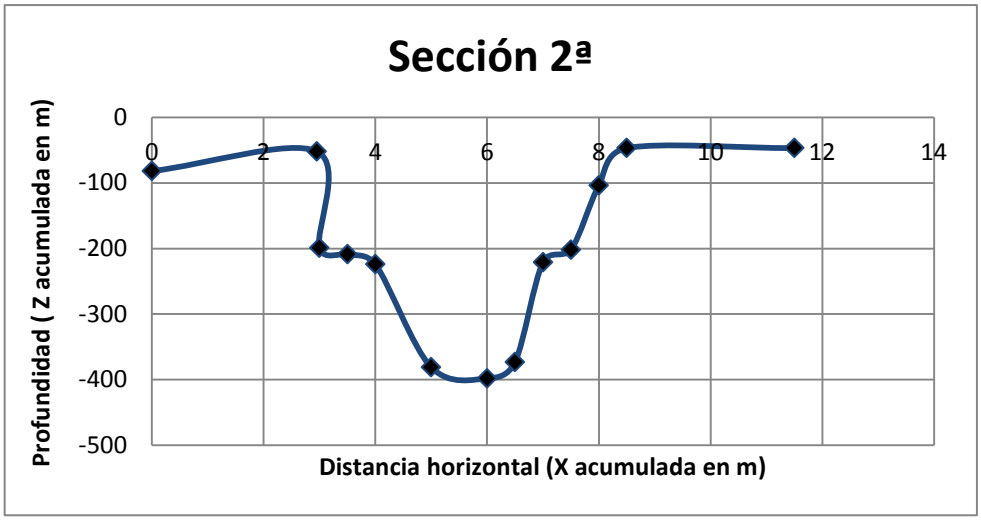
Los datos de los puntos, materializados con las estacas según se explicó en el apartado 5.6, son los siguientes:

Punto	Sección	X acumulada	Y	Z acumulada i	Z acumulada i+1
1	1	0	0	0,0	-0,9
2	1	3	0	-15,0	-15,0
3	1	3,4	0	-83,0	-83,2
4	1	3,9	0	-133,0	-133,0
5	1	4,4	0	-187,0	-186,5
6	1	4,9	0	-183,0	-183,2
7	1	5,4	0	-103,0	-102,6
8	1	5,9	0	-88,0	-88,1
9	1	6,4	0	-24,0	-24,4
10	1	9,4	0	-20,0	-20,1
11	2	0	10	-82,0	-82,0
12"	2	2,95	10	-52,0	-52,0
12	2	3	10	-199,0	-199,2
13	2	3,5	10	-209,0	-209,6
14	2	4	10	-224,0	-232,5
15	2	5	10	-381,0	-382,1
16	2	6	10	-398,0	-398,3
17	2	6,5	10	-373,0	-391,3
18	2	7	10	-221,0	-233,4
19	2	7,5	10	-202,0	-208,0
20	2	8	10	-104,0	-104,7
21	2	8,5	10	-47,0	-52,7
22	2	11,5	10	-47,0	-47,0
23	3	0	20	-197,0	-195,8
24	3	3	20	-182,0	-182,8
24bis	3	3,5	20	-228,0	-228,0
25	3	4	20	-278,0	-275,5
26	3	4,5	20	-313,0	-318,0
27	3	5,5	20	-400,0	-410,9
28	3	6,5	20	-496,0	-495,6
29	3	7,5	20	-471,0	-471,0
30	3	8,5	20	-486,0	-486,2
31	3	9,5	20	-478,0	-478,0
32	3	10,5	20	-441,0	-440,2
33	3	11,5	20	-271,0	-271,3
34	3	12	20	-108,0	-108,0
35	3	15	20	-82,0	-83,0

Tabla 15. Coordenadas relativas de las secciones y puntos medidos en el socavón de la AP-41, baja el puente que cruza el Arroyo de San Blas y del Carcabón.

En los siguientes gráficos se observan las dimensiones de las secciones transversales en su momento inicial, guardando relación de escala entre ejes y respetando la cota relativa con respecto al punto 1 de cota 0. No se dibujan las secciones en el instante i+1, por motivos de escala.





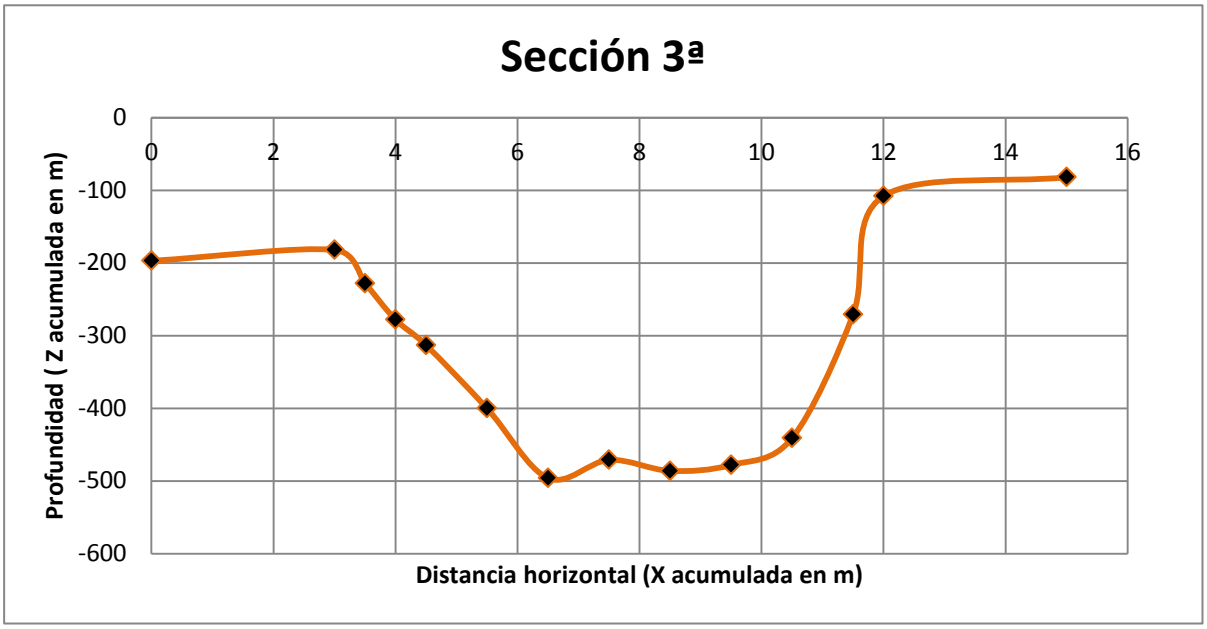


Gráfico 13. Perfiles de las secciones transversales.

6.6.3- Estimaciones areales, volumétricas y de pérdida de suelo.

Las estimaciones de las variaciones en las secciones y del volumen total de los transectos de la cárcava se muestran a continuación, así como las pérdidas de suelo en diferentes unidades y escalas temporales.

SECCIÓN	ÁREA i m^2	ÁREA i+1 m^2
1	4,43	4,43
2	11,95	12,18
3	19,43	19,54

Tablas 16. Cálculo del área de las diferentes secciones.

TRAMO	LONGITUD DEL TRANSECTO (m)	VOLUMEN i (m^3)	VOLUMEN i+1 (m^3)	ΔV (m^3)	ΔV (m^3/ml)
1-2	10	81,93	83,05	1,12	0,11
2-3	10	156,89	158,58	1,69	0,17
TOTAL	20	238,82	241,64	2,82	0,14

Tablas 17. Cálculo del aumento volumétrico de la cárcava.

SUP. EN PLANTA	**PÉRDIDAS DE SUELO**			
m^2	$m^3 * m^{-2} * mes^{-1}$•	$kg*m^{-2}*mes^{-1}$•	$t * ha^{-1} * mes^{-1}$•	$t * ha^{-1} * año^{-1}$••
235	0,012	18,6	185,8	2656,3

Tabla 18. Estimaciones de las pérdidas de suelo en diferentes unidades para diferentes periodos de tiempo.

Notas: Densidad en suelo franco-arcillo arenoso para la zona = **1550 Kg * m^{-3}** (INES, 2002).
•Calculado a partir de la ΔV (m^3) en **el mes de observación**
••Calculado a partir del VOLUMEN i+1 (m^3) para periodo de formación de la cárcava de **6 años.**

Datos meteorológicos para el periodo de observación:

La estación meteorológica de Getafe (código 3200) se encuentra a 25 km del área de estudio y se ha escogido, dado que es la estación meteorológica operativa más cercana a Carranque. Los patrones de precipitación entre la zona de Carranque y Getafe son algo diferentes, pero los datos de precipitación que aparecen a continuación nos dan una idea de la magnitud de la lluvia

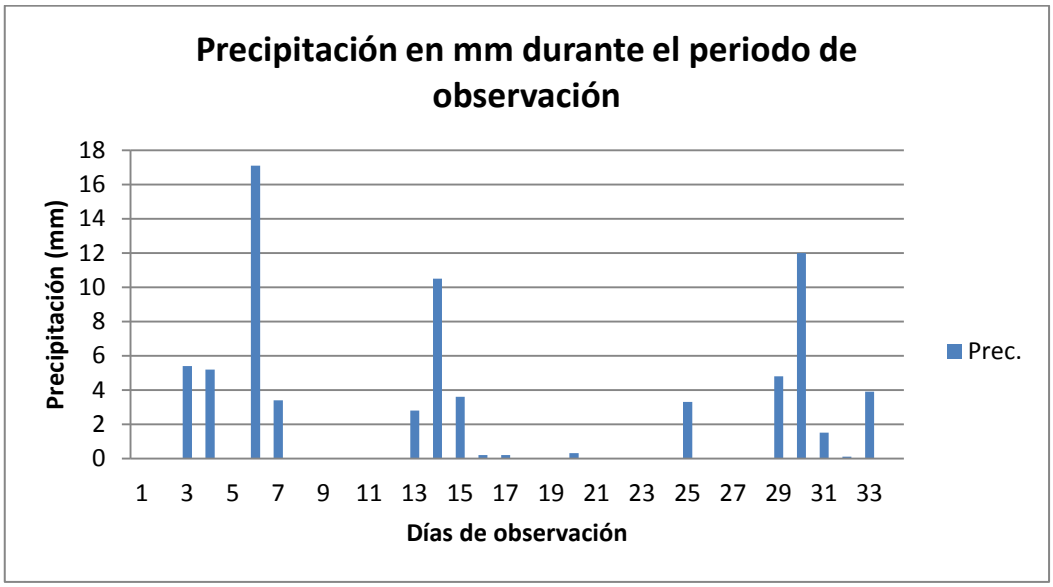
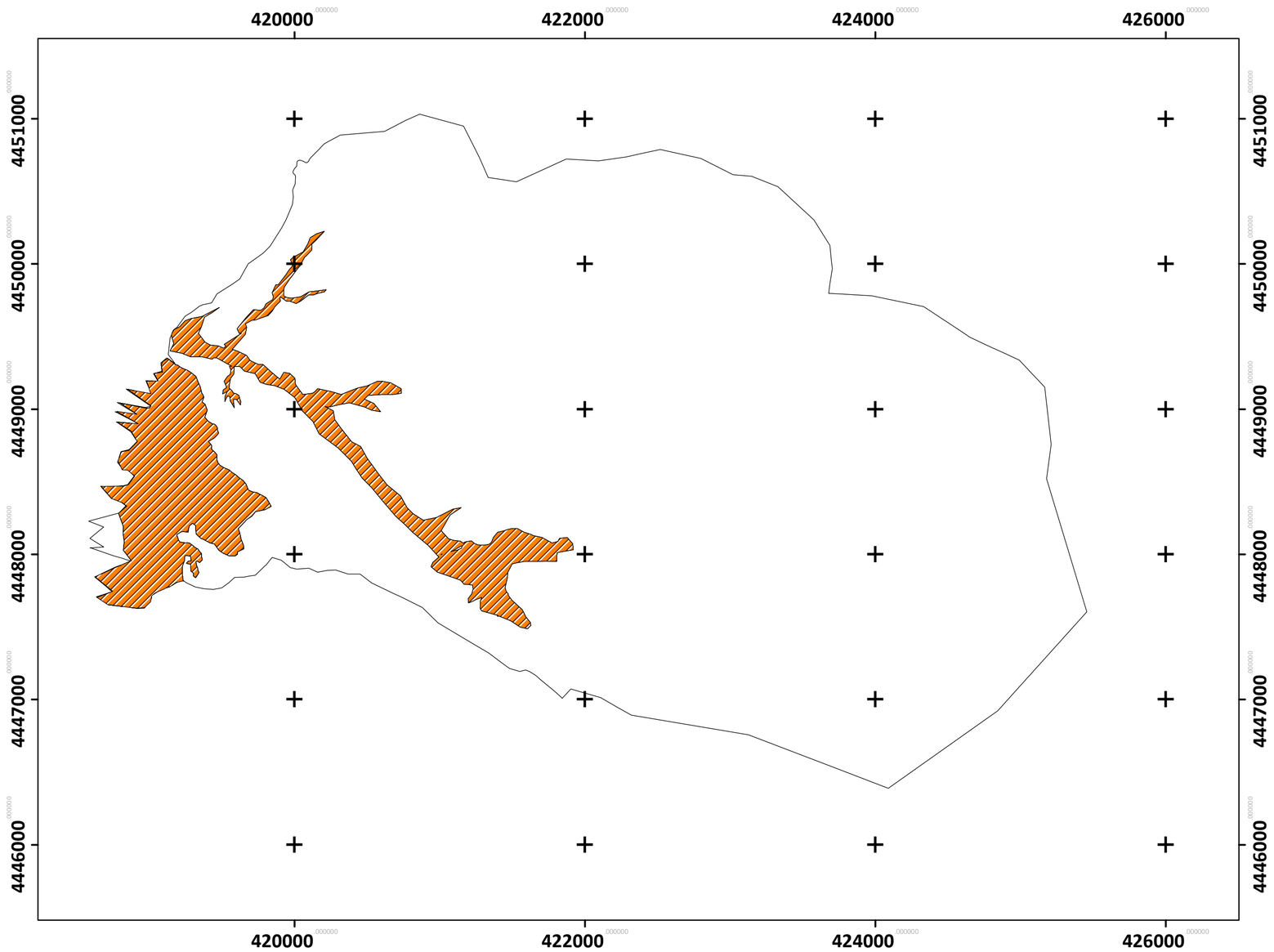


Gráfico 14. Lluvia recogida por la estación meteorológica de Getafe durante el periodo de observación y medición de la cárcava (21.10.2011-25.11.2011) (AEMET,2011)

El periodo de observación sucedió tras un periodo estival bastante seco, no habiendo llovido apenas durante los 4 meses anteriores. La cantidad de precipitación registrada en el periodo fue de 75,6 mm.

6.6.4- Mapa de zonificación de otros procesos erosivos:

Mapa determinado gracias al conocimiento de Carranque y la prospección directa de los procesos de erosión en cárcavas y de erosión en cauce. Los límites donde se pueden observar dichos fenómenos son orientativos. Se ha elaborado a partir del sistema de información geográfica "ArcGIS 9.3".



Zonificación de cárcavas y áreas con erosión en cauce

1 Con cárcavas y/o erosión en cauce

2 Sin ellas

ESTUDIO DEL ESTADO EROSIVO DE LAS CUENCAS VERTIENTES AL RÍO GUADARRAMA A SU PASO POR CARRANQUE (TOLEDO)

Plano nº 8	Zonificación de otros procesos erosivos
Hoja 1 de 1	Fecha: 27.12.2011
Escala 1 : 25.000 0 1,000 Meters	Autor: Miguel Florensa Lorente Fdo.:

7. CONCLUSIÓN. DEFINICÓN DE ZONAS DE ACTUACIÓN PREFERENTE:

7.1- Conclusiones generales:

La capacidad de la lluvia para producir erosión en Carranque es limitada (bajo valor de R), el suelo posee una erodabilidad media y existen bastantes laderas y zonas con pendientes elevadas. Por ello, las **cuencas estudiadas**, en referencia a la **vulnerabilidad** del suelo (véase Tabla 9), se pueden considerar como:

- ➔ **medianamente erosivas a partir del 15% de pendiente.**
- ➔ **erosivas a partir del 25%-30%, en especial bajo suelos franco-arenosos y arenoso-francos**

Analizadas las Tablas 11, 12 y 13 y tras observación del mapa de pérdidas de suelo y el Gráfico 11, se concluye que en **Carranque las tasas por erosión** laminar y en regueros son:

- ➔ **bajas en su parte central-oriental y, por lo general a mayores cotas. Estas suman 1574,2 ha o 79,4% de la zona de estudio de las cuales casi un 60% correspode a campos de cereales.**
- ➔ **de ligeras a moderadas (5 y 25 t * ha^{-1}*$año^{-1}$), en el sector occidental para zonas de matorral en exposición de solana o indiferente y para la región noroeste de cultivos leñosos y de cereal. Corresponde al 20,6% de su superficie, 14% dentro como ligeras y 7% como moderadas.**

Por tanto, el **estado erosivo actual** en Carranque para la zona de estudio y en relación al modelo RUSLE empleado, se puede calificar como **aceptable para el 80%** de la superficie y **mejorable** para el restante **20%**. Las zonas que superan el 25-30% de pedientes, por ser medios erosivos, deben protegerse especialmente al ser más seriamente susceptibles a ser erosionadas.

Otras conclusiones:

Muchas de las conclusiones corroboran hechos y correspondencias que ya se describen en los tratados de erosión y conservación de suelos. De todos modos, nos proporcionan una síntesis de la importancia de algunas propiedades de los suelos o de los distintos tipos de vegetación.

En relación a los **usos del suelo**: en los **cultivos agrícolas** no existen apenas laderas que superen el 20%, lo cual impide que el proceso erosivo tenga mayor alcance y gravedad. Entre ellos, el trigo posee las menores tasas de erosión. Mientras tanto, el viñedo y el olivar pierden de media mayor cantidad de suelo, en especial en la parte central-noroccidental de la cuenca I con laderas largas de más de un 10% de pendiente. Aquí se dobla la pérdida de suelo definida y admitida por la tolerancia, en el intervalo de pérdidas moderadas (10-25 $t*ha^{-1}*año^{-1}$ y cerca del intervalo de erosión acusada.

De entre los **usos forestales,** las masas maduras de *Pinus halepensis*, los eriales a pastos cubiertos de gramíneas y el matorral-pastizal localizado en las umbrías ofrecen la mejor protección del suelo con relaciones bajas de pérdidas de suelo y emisión de sedimentos. A continuación, se sitúan las repoblaciones jóvenes de *Pinus pinea* y *Quercus ilex*, que debido a las terrazas de drenaje y a la propia protección de la masa presentan bajas tasas de erosión.

- ➔ **Entre los cultivos, el cereal (trigo) es más efectivo para proteger el suelo que la vid y el olivo. Estos últimos a igualdad de condiciones fisiográficas doblan las pérdidas de suelo del trigo.**
- ➔ **Los usos forestales responden con mayor contundencia a los procesos erosivos, en especial las repoblaciones forestales y el matorral-pastizal en umbría, seguidos bastante más de lejos por el matorral-pastizal en solana.**

El tipo de **evolución edafogenética** explica porque los suelos menos evolucionados obtienen peores cifras en términos de pérdida de suelo por erosión hídrica, estando más expuestos los regosoles dístricos (afectados además de erosión en cauce), que los cambisoles dístricos, y estos a su vez que los luvisoles órticos. No hay que olvidar que el grado evolutivo de los suelos depende además de su posición fisiográfica relativa en la cuenca.

- ➔ **Los suelos menos evolucionados (regosoles dístricos) presentan mayores pérdidas de suelo que los más evolucionados (luvisoles órticos).**

Por **texturas**, la variabilidad no es muy acusada y la mayor erosividad depende en gran medida del mayor contenido en limos y arenas finas, y consecuentemente menor contenido en arenas "gruesas" y/o en arcillas. Por ello, omitiendo la importancia de la estructura de los agregados y del contenido de materia orgánica, a igualdad de condiciones:

- ➔ **Las texturas franco-arenosas son más erosionables que las arenosas francas y estas a su vez que las franco-arcillo-arenosas.**

La importancia de la materia orgánica se manifiesta en la diferencia existente entre suelos de misma textura, pero bajo diferente uso. Los cultivos agrícolas presentan casi siempre menor grado de humificación y por tanto son más susceptibles que los terrenos forestales.

➔ **A igualdad de otros factores, los suelos con mayor contenido en materia orgánica presentan menor erodabilidad (mayor resistencia a la erosión).**

7.2- Conclusiones particulares:

a) Sobre las repoblaciones forestales:

Las **repoblaciones maduras de *Pinus halepensis***, han conseguido frenar la erosión en la mayor parte de las laderas en las que se encuentran, incluso en aquéllas donde las pendientes superan el 60%. Razones: alto grado de intercepción de la precipitación, redistribución de ésta en su ataque al suelo en cantidad y tipo. La precipitación que alcanza finalmente el suelo no impacta apenas directamente sobre él, sino que disipa su energía por la existencia de un cierto acúmulo de acículas. Los horizontes superficiales con mayor grado de humificación, han favorecido la infiltración y se ha mejorado la capacidad de retención de agua del perfil.

➔ **El pinar maduro reduce la erosión laminar y en regueros mejor que cualquier otro tipo de vegetación, en parte por poseer el menor factor C.**

➔ **El suelo en el pinar presentan cinco veces más materia orgánica que los usos agrícolas y un poco más del doble que el resto de los usos forestales. El factor K es el más bajo de toda la zona de estudio y alcanza el mismo valor para todas las texturas.**

➔ **A pesar de presentar en varias zonas un factor LS relativamente alto obtiene unas pérdidas de suelo bajas (<5 $t*ha^{-1}*año^{-1}$)**

Las **repoblaciones forestales jóvenes** mantienen un buen estado vegetativo y coadyuvado por las terrazas de drenaje, se ha fraccionado la ladera y desviado la dirección del flujo superficial. El binomio *Quecus ilex-Pinus pinea* parece ser ideal en las condiciones topográficas de laderas largas y pendientes < del 30%, bajo suelo franco arcillo-arenoso a arenoso franco. Las mejoras edáficas son patentes en campo, y se observa que se ha duplicado el contenido de materia orgánica con respecto al anterior uso como cultivo de secano.

- **La estructura del suelo se ha mejorado en parte por duplicarse el contenido de materia orgánica con respecto al uso anterior (de 0,7 a 1,32%).**
- **Las terrazas de drenaje aunque no suponen una mejora en la emisión de sedimentos son responsables de que las pérdidas de suelo se sitúen en niveles bajos.**

- **Las repoblaciones no son zonas de actuación preferente.**

b) Sobre el matorral bajo-pastizal:

Las zonas de umbría exclusivos del sector occidental mantienen una mejor cobertura del suelo, y proporcionan incluso en laderas muy inclinadas (ver parcela nº2), mayor cualidades para hacer frente a la erosión. También en las paredes de las cárcavas, se pone de manifiesto este hecho. Sin embargo, la abrasión producida por la circulación de caudales líquidos y sólidos y el derrumbe de las cabeceras de las cárcavas pueden deteriorar rápidamente esta protección. A partir del 30%-35% son medios erosivos.

Las laderas con matorral bajo-pastizal en solana o indiferentes sufren indudablemente mayor erosión, en particular en la zona occidental. No obstante, no se debe subestimar el papel que la vegetación instaurada ha tenido para ralentizar un avance más severo de la erosión. En el pasado, la carga ganadera era mucho mayor que en la actualidad, lo que con bastante seguridad debilitó la cobertura vegetal e hizo aumentar la erosión.

Por otro lado, la protección del suelo suele ser suficiente cuando la pendiente es inferior al 30-35%. En caso contrario es frecuente que la cubierta vegetal se deteriore rápidamente. Son medios erosivos a partir del 25-30% de pendiente; se erosion a mayor velocidad y están más predispuestas a sufrir adicionalmente erosión en cárcavas.

- **El matorral bajo-pastizal es un medio erosivo a partir del 30% de pendiente, especialmente en solana donde las condiciones climáticas no resultan ser demasiado favorables para el desarrollo vegetal.**
- **En umbría, la situación es sensiblemente mejor porque existe mayor disponibilidad hídrica y consecuentemente la cobertura del suelo es dos veces mayor que en la mayor parte de las solanas (Factor C es 4 veces menor).**

- ➔ **Las pérdidas de suelo por erosión laminar y en regueros en umbría son en toda su extensión bajas (<5 t*ha^{-1}*año^{-1}).**
- ➔ **En solana son también bajas o ligeras (0-10 t*ha^{-1}*año^{-1}) en aproximadamente un 87% de la superficie y moderadas (10-25 t*ha^{-1}*año^{-}1) en un 13%.**

Las **cuencas II a XV**, aunque constituyen un 7% del total del área estudiada, y en los resultados presentan comparativamente valores moderados de disminución de suelo, han sufrido en épocas pretéritas un alto grado de degradación, perceptible en la actualidad. Para restaurar las zonas más erosionadas se requiere un mayor esfuerzo. En estas áreas, se deben regular los aprovechamientos pastoral y cinegético para que sean compatibles con la conservación del medio físico y emprenderse medidas adicionales.

- ➔ **La actuación en la zona occidental de matorral bajo-pastizal es prioritaria, por su actual estado de degradación y porque aunque el modelo no predice erosión en cárcavas, gran parte de la zona está afectada por ella.**

c) Sobre la campiña cerealista (trigo):

Se asienta en su mayor parte sobre los suelos más arcillosos y evolucionados (luvisoles órticos) y/o con laderas RUSLE cortas por debajo del 10% de pendiente (**tipo I**). En menor proporción, lo hallamos en la zona occidental en laderas moderadamente largas y/o sobre sustratos más arenosos, con pendientes entre el 10 y el 20% (**tipo II**).

El trigo obtiene tasas de erosión:

- ➔ **bajas principalmente para el tipo I que comprenden 950 ha o el 85,1% del uso.**
- ➔ **ligeras para el tipo II, aunque en el límite de la tolerancia (9-11,2 t*ha^{-1}*año^{-1}) con un valor promedio de 9,6, suma 109 ha o el 9,8% del cultivo.**
- ➔ **moderadas entorno a las 10,4 t*ha^{-1}*año^{-1} para el restante 5,2%.**

La mayor eficacia del cultivo de cereal contra la erosión reside en la forma de ejecución de las operaciones de manejo y su secuencia temporal. Si se analizan la distribución quincenal del factor R (Imagen 3) y la tabla del factor C operacional de la (Imagen 10), se desprende que:

1. Entre mediados de noviembre y marzo, el trigal intercepta 4/10 de la energía pluvial anual. El momento posterior a la siembra es muy delicado en relación a la erosión, dado que: tras ella se reduce considerablemente la rugosidad del terreno, apenas quedan y el cultivo tiene en sus primeras semanas una cobertura de nula a muy baja (<10%). La relación de pérdidas de suelo (*Soil Loss Ratio*) con respecto al barbecho continuo varía de 0,68 a 0,163.

- ➔ **El trigo es mucho más susceptible a la erosión en las semanas posteriores a la siembra y no se revierte la situación hasta que el cultivo acelera su crecimiento a principios de marzo.**
- ➔ **En este periodo se intercepta el 40% de la energía pluvial y se obtiene una relación de pérdidas de suelo con respecto al barbecho continuo variable entre el valor inical de 0,68 y el final de 0,163.**

2. El máximo crecimiento del trigo se produce entre abril y mediados de junio y la maduración del grano culmina a primeros de julio. Este periodo concentra 3/10 de la erosividad de la lluvia y la relación de pérdidas de suelo con respecto al barbecho continuo es de 0,163.

3. Después de la cosecha, entre julio y mediados de septiembr, quedan los rastrojos y residuos sobre la superficie y se intercepta un 1/10 de la energía de la lluvia. Se obtiene un ratio de pérdidas de suelo 0,021 veces inferior al del barbecho continuo, por lo que se ponde de manifiesto la importancia de los residuos superficiales en la disminución de la erosión.

4. El suelo sólo se presenta totalmente arado y desnudo entre mediados de septiembre (cuando se realiza el alzado) y hasta mediados de noviembre (en el que se siembra). En este tiempo se produce 2/10 de la energía pluvial. La preparación del terreno para la siembra y el tempero, favorece la infiltración y aumenta la rugosidad, aunque resultan poco efectivas bajo eventos de fuertes intensidades de lluvia, al reducirse rápidamente la rugosidad.

- ➔ **La mejor protección del suelo se produce:**

  - durante el máxima crecimiento del cultivo debido a la casi total cobertura del suelo;
  - tras la cosecha y antes del alzado, ya que los residuos del cultivo interceptan gran parte de la lluvia y porque se aumenta la resistencia hidráulica que ofrece el suelo al paso de la escorrentía superficial;
  - tras el alzado, al permanece parte de los efectos beneficiosos de cultivo.

- **La introducción de unas sencillas mejoras en el manejo de los campos de trigo serán recomendables especialmente a partir del 10% de pendiente (o zonas que** presentan **tasas erosivas ligeras y moderadas, principalmente del tipo I**)

d) Sobre los olivares y viñedos:

Los cultivos de olivo y viñedo se encuentran preferentemente en el cuadrante noroeste, en suelos de evolución media (cambisoles dístricos) y entre arenosos francos y franco arcillo-arenoso tipo 1. Los laboreos intensivos de gran parte de los aprovechamientos vitivinícolas y de la oleicultura española llevan frecuentemente asociados altos riesgos erosivos. Las **pérdidas de suelo** por erosión laminar y en regueros son:

- **bajas en el 18% de la superficie de viñedo y el 10,3% del olivar.**
- **ligeras en el 60% de los viñedos ; y en el 63% de los olivares pero rondando la tolerancia con 9,3 t*ha^{-1}*año^{-1}.**
- **moderadas en el 22% del viñedo con un valor medio de 23,2 t*ha^{-1}*año^{-1}; y de 20,1 t*ha^{-1}*año^{-1} afectando al 26,7% del olivar. Las pérdidas de suelo duplican la tolerancia en ambos casos.**

Los viñedos y olivares, comparados con los otros usos del estudio, **obtienen los mayores valores:**

- **para el factor topográfico (LS) para el intervalo de pendientes del 5 al 20 %:**
    - al situarse en laderas más largas y cultivables
    - al favorecer las labores un aumento de la longitud de la ladera.
- **del factor C; siendo más de 0,50 veces el valor del barbecho continuo (C=1), cuando en el resto de los usos no se sobrepasan el valor de 0,30.** Se explica porque:
    - las labores impiden la existencia de cubierta vegetal (viva o como resiudo) durante la mayor parte del año y consecuentemente,
    - apenas se intercepta la precipitación y el suelo se halla más disgregado y es peor la estructura de sus agregados.
    - las labores se realizan en línea de máxima pendiente.

➔ **La actuación en los cultivos leñosos es altamente recomendable a partir del 10% de pendiente, mediante alguna práctica de conservación y/o de manejo de la cubierta al ser zonas especialmente vulnerables a la erosión.**

e) Sobre el análisis del incremento volumétrico de una cárcava:

El desorbitado ritmo de pérdida de suelo en la zona de los puentes de la AP-41 que cruzan los arroyos de San Blas del Arenal y del Carcabón queda bien patente sólo con la observación directa. Existe un elevadísimo riesgo de mayores movimientos masivos de tierra, ya que la zona descrita es proclive a sufrir dichos procesos erosivos por su posición en la parte baja de la ladera, con pendientes elevadas, con soporte físico desfavorable y por la poca dureza del material. Sin embargo, se piensa que la inacabada ejecución del drenaje de la autopista es responsable en primera instancia del mal estado actual, dado que los desagües no finalizan en un curso de agua y vierten directamente sobre suelo desnudo.

➔ **Si la superficie de la cárcava tuviera 1 ha, se perdería anualmente suelo a un ritmo 100 veces mayor que la mayor pérdida de suelo estimada para el olivar o el viñedo.**

➔ **Sólo 75,6 mm en un mes fueron suficientes para que la cárcava estudiada perdiera 18,2 kg*m^{-2}, lo que demuestras que en zonas de alta concentración de escorrentía y desprovistas de vegetación pueden registrar tasas erosivas descomunales.**

➔ **La inacabada ejecución del drenaje de la autopista AP-41 es responsable en primera instancia de la mala situación actual. La posición fisiográfica ayuda al avance de la cárcava.**

La parcela nº 3 corresponde a un proceso exacerbado de erosión en cárcavas que puede ser asimilable a una situación excepcional. Sin embargo, la actuación en está zona debe ser **prioritaria**, desde el punto de vista ambiental y primordialmente por el rápido debilitamiento del suelo que puede afectar gravemente al vial mencionado y otras zonas adyacentes, y a las personas que lo transitan

➔ **Una rápida actuación en la zona debe ser altamente prioritaria y urgente.**

7.3- Limitaciones metodológicas del estudio:

Algunas se comentaron en el epígrafe 5.3 y derivan del modelo empleado. Otras tienen que ver con carencias o limitaciones intrínsecas del Estudio. Destacamos cinco:

1. El **factor R**, se halló por extrapolación del antiguo pluviómetro situado en Carranque y de otras estaciones no demasiado cercanas con pluviógrafo, lo que origina cierto error. La distribución mensual del factor R (ver Apéndice nº2) engloba una vasta área del cuadrante centro-suroeste de la Península Ibérica. Aunque el ajuste a dicha curva en diferentes estaciones se considera bastante correlativo, sería preferible disponer de una curva a nivel regional.

2. El **factor K**, posee indeterminaciones en cuanto a su distribución espacial. No se han encontrado mapas edafológicos y de texturas a un nivel de detalle suficiente, aunque se comprobó en campo una alta correspondencia con el mapa edafológico provincial de Toledo. Las analíticas de suelo en laboratorio especializado hubieran permitir delimitar de forma más precisa dicho factor. No obstante, el coste del análisis por muestra era inabordable por las características del Estudio.

3. El **factor C** es el que ofrece mayores dificultados; ciertos parámetros no son fácilmente medibles en campo, ni existe suficiente bibliografía al respecto. Tan sólo citar:

- ➔ Todavía, no se ha computado ni estimado cómo actúan la biomasa radical de la vid y el olivo, o de la vegetación forestal mediterránea. Además, la cantidad de residuos incorporados en los cultivos leñosos es variable según diferentes autores cuando consideran los restos de poda o de cómo se efectúan las labores.

- ➔ La generalización de la secuencia y forma de las operaciones culturales en condiciones meteorológicas medias es, incluso a nivel de municipio, altamente variable según el agricultor. Se ha tratado de recoger el modelo de cultivo más extendido.

4. Fijar la **tolerancia** en un estudio de erosión lleva implícito tener en cuenta factores socioeconómicos y agrológicos, a la vez que condicionantes ambientales de biodiversidad y equilibrio en la formación de suelo. La complejidad es alta y por tanto el valor las tolerancias fijadas en el Estudio, pueden resultar aceptables con carácter general pero poco acertadas en algunos casos particulares debido a la enorme casuística de cada zona y uso.

5. Una **mayor profundización del estudio**, debe abordarse desde subproyectos centrados en zonas o usos concretos, necesitaría de una inversión en material y tendría que plantearse para un periodo de observación mayor. En especial, el **estudio de las cárcavas** requiere *per se* del mayor esfuerzo humano y de material para que el proceso quede correctamente delimitado y estimado, siendo necesario una mayor interlocución con los propietarios y administraciones interesados.

8. PROPUESTAS DE ACTUACIÓN.

Las siguientes propuestas facilitarán la lucha en contra de los procesos erosivos y de degradación edáfica observados en Carranque para las 1983,7 ha de la zona de Estudio. Se deben entender como una serie de medidas integradas para dar respuesta a muy diversos problemas de erosión, documentados y detallados en anteriores apartados. Las propuestas centran su atención en la conservación y mejora de los suelos para los diferentes tipos de vegetación y usos. Su implementación requeriría un pausado análisis de forma que se consiga que "la protección del suelo sea la óptima, tanto ambientalmente como en términos monetarios y de rendimiento en la producción". No obstante, como estudio pionero en la zona puede ser de gran utilidad en la elaboración de posteriores proyectos.

Consideraciones iniciales:

1. Nos centramos en la erosión laminar y en regueros, en la cual podemos estimar el efecto de las actuaciones, sin olvidar indicar algunas medidas que mejorarían el estado erosivo de los otros tipos de erosión.

- ➔ La **superficie agrícola** abarca la mayor parte de la zona de estudio y concentra los mayores problemas erosivos. Por ello, muchas propuestas van dirigidas a los **agricultores** que deseen emprender alguna medida de conservación del suelo. Estos pueden solicitar ayudas económicas y asesoramiento en el marco de la Política Agraria Común (PAC), según lo dispuesto en el **"Anexo IV (CE) del Reglamento 1782/2003, de buenas condiciones agrarias y medioambientales" y el Real Decreto 2352/2004,** donde se establecen las bases para poder percibir dichas ayudas y se indican las cuestiones de: erosión del suelo, materia orgánica, estructura del suelo y nivel de mantenimiento. Hacemos acopio de alguna de sus propuestas.
- ➔ La **superficie forestal** es reducida en tamaño y comprende desde zonas de tasas erosivas ligeras a moderadas en el matorral-pastizal en solana, a la restante superficie donde la erosión laminar y en regueros está controlada.

2. Gracias al **Mapa de zonificación de otros procesos erosivos**, se tienen delimitadas las zonas donde el modelo RUSLE puede no responder para toda la superficie, pero que se encuentran afectadas en cierta parte por procesos erosivos de mayor magnitud pero menor escala. Corresponde mayoritariamente a erosión en cárcavas sobre matorral bajo-pastizal. No obstante, los procesos son variados y afectan colateralmente a diferentes usos. **Enunciamos y explicamos brevemente una serie de propuestas.**

3. Las **mayores restricciones legales** se producen en las áreas declaradas como Zonas de Protección por la existencia del **Parque Arqueológico Romano** de Carranque y Casarrubios del Monte. Estas ruinas están fechadas a finales del **siglo IV**, y relacionadas con el Emperador Teodosio I el Grande. Cualquier actuación aquí debe ser autorizada por la Junta Rectora del Parque, con lo que se consigue evitar la destrucción de posibles nuevos hallazgos de nuestro patrimonio histórico-artístico. En dichas zonas puede ser decisión el no actuar hasta no haber sido prospectadas con su debida atención.

8.1- Campiña cerealista (Trigo):

Las propuestas para los campos de trigo se resumen en:

1) ***Reducir el tiempo en el que el suelo se encuentre desnudo:*** al retrasarse el alzado y binado o al fusionarlos y al aumentar el rastrojo del cereal o evitar su retirada.

2) ***Practicar laboreo según curvas de nivel para pendientes inferiores al 15%.***

Practicar menor número de laboreos y retrasar las labores de alzar y binar permite que los residuos de la cosecha anterior actúen como *mulch* durante la entrada de la estación lluviosa. Se recomienda, excepto cuando se realizan determinadas enmiendas o fertilizaciones, fusionar ambas labores a principios-mediados de octubre. También se pude optar por realizar labores que profundizan menos (chisel), por el cultivo a nivel o por establecer el mínimo laboreo. Por otro lado, se puede dejar al menos un 30% del residuo de la cosecha anterior como se recomendada en el "Anexo IV del Reglamento 1782/2003"

* **<u>Resumen de propuestas para cultivos de trigo en términos de pérdidas de suelo:</u>**

La repercusión de las medidas anteriores se recoge en las siguientes tablas para un mismo trigal sobre sustrato franco arcillo-arenoso tipo 1 y pendiente del 15 %.

RUSLE 1.06c Win 32; 2/20/04

File Exit Help Screen

< RUSLE 1.06c Win 32; 2/20/04 >

Soil Loss and Sediment Yield Computation Worksheet

filename	R	x	K	x	LS	x	C	x	[P	|	SDR]	=	A	|	SY
	0		0		0		0		0		0	=	0		0
LABCNIV	36		0.11		3.95		0.23		0.59		0.59	=	2.2		2.2
LABNORML	36		0.11		3.95		0.28		1.00		1.00	=	4.4		4.4
LAB3ORES	36		0.11		3.95		0.20		1.00		1.00	=	3.1		3.1
MÍNLABOR	36		0.11		2.37		0.18		1.00		1.00	=	1.7		1.7
LABCHISL	36		0.11		3.95		0.22		1.00		1.00	=	3.5		3.5

Imagen 35. Tabla de predicción de pérdidas de suelo según diferentes propuestas para trigo.

Tipo de labor cultural	Descripción	Pérdidas de suelo en $t*ha^{-1}*año^{-1}$	Relación de pérdidas de suelo con respecto al laboreo tradicional en %
1- LABCNIV	Laboreo según curvas de nivel	4,9	49
2- LABNORML	**Laboreo tradicional**	**9,8**	**100**
3- MÍNLABOR	Mínimo laboreo	3,9	40
4- LAB30RES	Laboreo con residuos del 30%	6,9	71
5- LABCHISL	Laboreo con chisel	7,8	80

Tabla 19. Resumen de las propuestas enunciadas de pérdidas de suelo en el Sistema Internacional de Unidades y su comparación relativa con respecto al laboreo tradicional para el trigo.

Con respecto al laboreo continuo actual (**2**), las pérdidas de suelo se reducirían un 40% con el laboreo mínimo (3), a la mitad siguiendo laboreo según curvas de nivel (1). Por otro lado, serían entre un 30 y un 20% menores dejando un 30% de los residuos (4) o labrando con chisel (5), respectivamente. En todo caso, las **pérdidas de suelo se reducirían notablemente por debajo de la tolerancia** con cualquiera de las nuevas propuestas culturales.

La **secuencia de las operaciones y su modo de proceder**, así como las prácticas de conservación sugeridas se pueden consultar a continuación, a partir del intervalo comprendido entre las **Imágenes 36 y 41**.

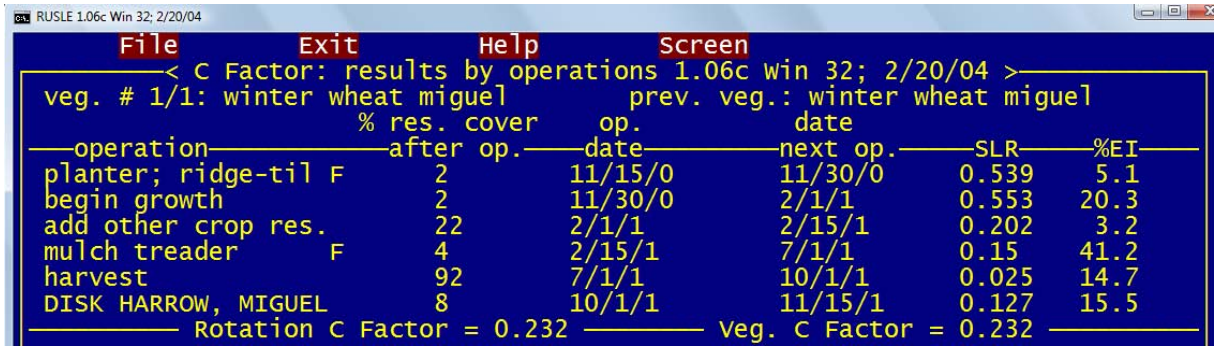


Imagen 36. Factor C para laboreo siguiendo las curvas de nivel (LABCNIV).

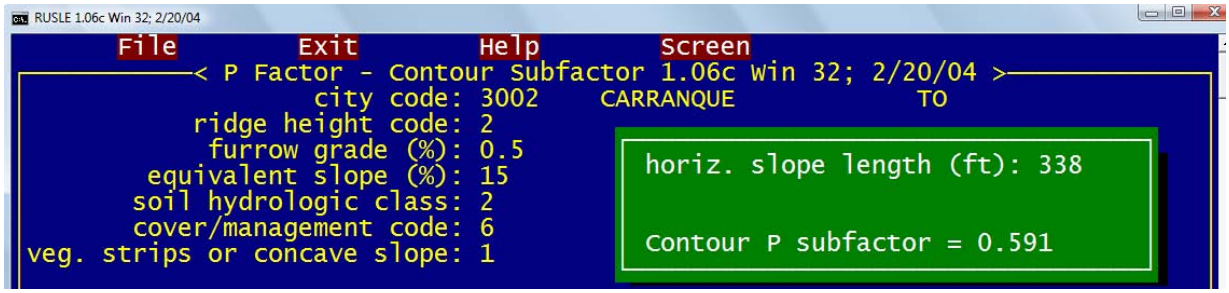


Imagen 37. Factor P para laboreo siguiendo las curvas de nivel (LABCNIV).

```
RUSLE 1.06c Win 32; 2/20/04
File        Exit        Help        Screen
< C Factor: results by operations 1.06c Win 32; 2/20/04 >
veg. # 1/1: winter wheat miguel        prev. veg.: winter wheat miguel
                    % res. cover    op.          date
operation                after op.   date        next op.    SLR     %EI
planter; ridge-til F        0       11/15/0     11/30/0     0.68     5.1
begin growth                0       11/30/0     2/1/1       0.667   20.3
add other crop res.         21      2/1/1       2/15/1      0.232    3.2
mulch treader       F       4       2/15/1      7/1/1       0.162   41.2
harvest                     92      7/1/1       9/15/1      0.02    11.0
disk har; plow      F       9       9/15/1      10/20/1     0.12     9.1
disk har; plow      F       1       10/20/1     11/15/1     0.192   10.1
Rotation C Factor = 0.277        Veg. C Factor = 0.277
```

Imagen 38. Factor C para laboreo intensivo o normal (LABNORML).

```
RUSLE 1.06c Win 32; 2/20/04
File        Exit        Help        Screen
< C Factor: results by operations 1.06c Win 32; 2/20/04 >
veg. # 1/1: winter wheat miguel        prev. veg.: winter wheat miguel
                    % res. cover    op.          date
operation                after op.   date        next op.    SLR     %EI
planter; ridge-til F        2       11/15/0     11/30/0     0.543    5.1
begin growth                2       11/30/0     12/15/0     0.569    9.1
add other crop res.         31      12/15/0     2/15/1      0.139   14.5
mulch treader 1inch         5       2/15/1      7/1/1       0.142   41.2
harvest                     92      7/1/1       10/15/1     0.021   18.5
DISK HARROW, MIN.LAB        7       10/15/1     11/15/1     0.127   11.7
Rotation C Factor = 0.177        Veg. C Factor = 0.177
```

Imagen 39. Factor C para mínimo laboreo (MÍNLABOR).

```
RUSLE 1.06c Win 32; 2/20/04
File        Exit        Help        Screen
< C Factor: results by operations 1.06c Win 32; 2/20/04 >
veg. # 1/1: winter wheat miguel        prev. veg.: winter wheat miguel
                    % res. cover    op.          date
operation                after op.   date        next op.    SLR     %EI
planter; ridge-til F        2       11/15/0     11/30/0     0.586    5.1
begin growth                2       11/30/0     12/15/0     0.613    9.1
add other crop res.         31      12/15/0     2/15/1      0.172   14.5
mulch treader 1inch         5       2/15/1      7/1/1       0.15    41.2
harvest                     92      7/1/1       10/15/1     0.033   18.5
disk har; plow      F       7       10/15/1     11/15/1     0.138   11.7
Rotation C Factor = 0.195        Veg. C Factor = 0.195
```

Imagen 40. Factor C para laboreo con el 30% de los residuos sobre la superficie (LAB30RES):

```
RUSLE 1.06c Win 32; 2/20/04
File        Exit        Help        Screen
< C Factor: results by operations 1.06c Win 32; 2/20/04 >
veg. # 1/1: winter wheat miguel        prev. veg.: winter wheat miguel
                    % res. cover    op.          date
operation                after op.   date        next op.    SLR     %EI
planter; ridge-til F        5       11/15/0     11/30/0     0.467    5.1
begin growth                5       11/30/0     2/1/1       0.477   20.3
add other crop res.         24      2/1/1       2/15/1      0.183    3.2
mulch treader       F       5       2/15/1      7/1/1       0.147   41.2
harvest                     92      7/1/1       10/15/1     0.032   18.5
subsoil-chisel      F       22      10/15/1     11/15/1     0.233   11.7
Rotation C Factor = 0.221        Veg. C Factor = 0.221
```

Imagen 41. Factor C para laboreo con chisel (LABCHISL).

8.2- Olivar y viñedo:

Desde hace años, se han llevado a cabo estudios experimentales con otras técnicas menos agresivas sobre el suelo que el laboreo intensivo en máxima pendiente **(ML)** con resultados dispares. Nos centramos en el olivar y comentamos brevemente el viñedo.

*__No laboreo (NL):__ la eliminación de la competencia de las especies herbáceas y de matorral, se consigue por uso de herbicidas. Una clasificación de los herbicidas más conocidos según "DETROUX y GOSTÍNCHAR, 1967" es en: totales como la simazina, los derivados de la urea, boratos, arsenitos, cloratos y sulfatos de amonio…; y selectivos, por contacto directo (ácido sulfúrico o cianatos); o por translocación de la savia tras la absorción radical (fitohormonas, antigramíneos…).

El método tiene el inconveniente de necesitar a veces de grandes o repetidas dosis, resultar algo tóxicos para los cultivos, generar inversiones de flora y de dejar apenas residuos. Globalmente se reducen las pérdidas de suelo, pero se favorece la aparición de cárcavas en las secciones de drenaje, al aumentar la compactación superficial y a su vez aumentarse el volumen de escorrentía generado. Se suele incrementar la productividad y las labores necesarias se reducen a una o dos anuales. La infiltración baja, pero se contrarresta con una menor evapotranspiración desde el suelo. Se descarta debido a la serie de riesgos que presenta.

***Mínimo laboreo (ML)** se reducen las labores en número y profundidad, limitándose a labores verticales que evitan la excesiva compactación del terreno. Estos favorecen en menor medida la infiltración, evitan la formación de suela de labor y proporcionan ahorro de combustible. Los herbicidas se aplican bajo la copa de los olivos, en los momentos críticos, antes del comienzo del estiaje, cuando la "mala hierba" no ha fructificado, y antes de la recogida de la cosecha.

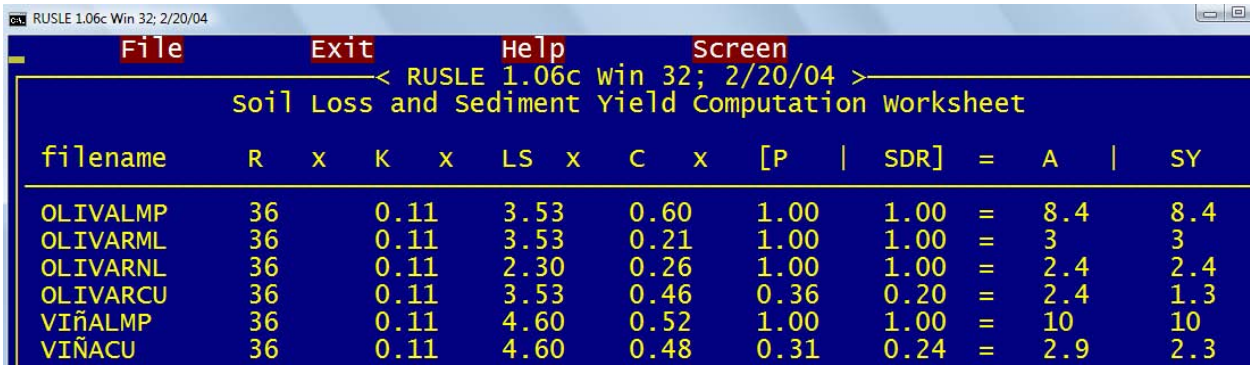
*Manejo de cultivo con **cubiertas vegetales (CU).** Estas pueden ser implantadas o naturales y cubrir toda la superficie o reducirse a franjas o calles. **En viñedo** la competencia con la vegetación en contacto con el suelo es máxima, por lo que en diversos tratados de viticultura **se desaconseja el establecimiento de cubiertas en toda la superficie** (REYNIER, 2001). Resultan para olivar interesantes porque en las cubiertas se puede aplicar una fuerte carga ganadera en los momentos idóneos y durante breve periodos, para controlar la competencia de la vegetación herbácea.

Otra variante es establecer **cubiertas vegetales entre las calles del olivar o del viñedo** a modo de fajas. Estas se escardan química o mecánicamente, manteniéndose parte del suelo siempre cubierta de residuos vegetales. Las labores se limitan al horizonte superficial y al empleo de arado de rastras.

Mejoran notablemente la estructura del suelo y la cantidad de nutrientes. Bien manejados, actúan como barrera natural para el transporte de sedimentos. Para las cubiertas, el mayor riesgo radica en no conseguir eliminar la competencia por agua y nutrientes que ofrecen las herbáceas pudiendo provocar en épocas desfavorables estrés hídrico en el cultivo.

* **<u>Resumen de propuestas para olivar y viñedo en términos de pérdidas de suelo:</u>**

A continuación se **compara una parcela estándar de viñedo y olivar con labor intensiva con las diferentes propuestas**:



RUSLE 1.06c Win 32; 2/20/04

File Exit Help Screen

< RUSLE 1.06c Win 32; 2/20/04 >

Soil Loss and Sediment Yield Computation Worksheet

filename	R	x	K	x	LS	x	C	x	[P	SDR]	=	A	SY
OLIVALMP	36		0.11		3.53		0.60		1.00	1.00	=	8.4	8.4
OLIVARML	36		0.11		3.53		0.21		1.00	1.00	=	3	3
OLIVARNL	36		0.11		2.30		0.26		1.00	1.00	=	2.4	2.4
OLIVARCU	36		0.11		3.53		0.46		0.36	0.20	=	2.4	1.3
VIÑALMP	36		0.11		4.60		0.52		1.00	1.00	=	10	10
VIÑACU	36		0.11		4.60		0.48		0.31	0.24	=	2.9	2.3

Imagen 42. Tablas de predicción de pérdidas de suelo según diferentes propuestas para olivar y viñedo en el Sistema Americano de Unidades.

Tipo de labor cultural	Descripción	Pérdidas de suelo en $t*ha^{-1}*año^{-1}$	Relación de pérdidas de suelo con respecto al laboreo normal en %
1-OLIVALMP	**Laboreo tradicional**	**18,9**	**100**
2-OLIVARML	Mínimo laboreo	6,7	35
3- OLIVARNL	No laboreo	5,3	28
4-OLIVARCU	Laboreo con residuos del 30% y según curvas de nivel	5,3	28
5- VIÑALMP	**Laboreo tradicional**	**18,5**	**100**
6- VIÑACU	Laboreo con cubierta en fajas y según curvas de nivel	5,2	28

Tabla 20. Resumen de la estimación de pérdidas de suelo en el Sistema Internacional de Unidades y su comparación relativa con respecto al laboreo tradicional para olivar y viñedo.

El hecho de disminuir el número de labores y/o mantener el tipo de cubierta favorece el establecimiento de mejores condiciones de protección frente a la erosión que las actuales en línea de máxima pendiente y labor intensiva (**OLIVALMP y VIÑALMP**). Estas se han basado en añadir los periodos de crecimiento de la vegetación herbácea, "malas hierbas o pastos", y las labores que las eliminan, ya sean químicas o mecánicas.

Como se observa en la Tabla 20., **el no laboreo, y las cubiertas vegetales** consiguen **para olivares y viñedos una disminución significativa de las pérdidas de suelo, estimadas en un 70% menos que siguiendo el laboreo tradicional**. El sistema de cultivo del **mínimo laboreo** es bastante efectivo, teniendo en cuenta que no se han establecido fajas, ni se han hecho labores siguiendo las curvas de nivel, reducirían a un **35% las pérdidas actuales**. Con las mejoras propuestas los cultivos entrarían en tolerancia.

La **<u>secuencia de las operaciones y su modo de proceder</u>**, así como las prácticas de conservación sugeridas se pueden consultar a continuación, a partir del intervalo comprendido entre las **Imágenes 43 a 56**. Se recomienda la lectura de "PASTOR, 1990" sobre manejos alternativos del olivar de donde se ha extraída bastante información.

RUSLE 1.06c Win 32; 2/20/04

File Exit Help Screen

< C Factor: results by operations 1.06c Win 32; 2/20/04 >

veg. # 1/1: OLIVAR prev. veg.: OLIVAR

operation		% res. cover after op.	op. date	date next op.	SLR	%EI
harvest		0	1/15/1	2/15/1	0.628	5.9
disk har; plow	F	0	2/15/1	4/1/1	0.594	12.4
disk har; plow	F	0	4/1/1	6/1/1	0.593	18.8
harrow	F	0	6/1/1	7/1/1	0.599	10.0
harrow	F	0	7/1/1	9/1/1	0.597	7.8
harrow	F	0	9/1/1	10/15/1	0.596	10.7
disk har; plow	F	0	10/15/1	12/15/1	0.59	25.9
mulch treader	F	0	12/15/1	1/15/2	0.606	8.5

Rotation C Factor = 0.597 Veg. C Factor = 0.597

Imagen 43. Factor C para laboreo intensivo o normal en olivar (OLIVALMP).

RUSLE 1.06c Win 32; 2/20/04

File Exit Help Screen

< C Factor: results by operations 1.06c Win 32; 2/20/04 >

veg. # 1/1: OLIVAR MÍN. LABOREO prev. veg.: OLIVAR MÍN. LABOREO

operation		% res. cover after op.	op. date	date next op.	SLR	%EI
harvest in olive		79	1/15/1	2/15/1	0.034	5.9
disk harrow in oliva		11	2/15/1	3/1/1	0.121	3.7
begin growth		11	3/1/1	4/1/1	0.101	8.7
harrow	F	6	4/1/1	6/1/1	0.212	18.8
kill vegetation		26	6/1/1	9/1/1	0.162	17.8
harrow	F	7	9/1/1	10/15/1	0.293	10.7
harrow	F	3	10/15/1	12/1/1	0.332	17.1
kill vegetation		24	12/1/1	12/15/1	0.148	8.7
mulch treader	F	5	12/15/1	1/15/2	0.418	8.5

Rotation C Factor = 0.221 Veg. C Factor = 0.221

Imagen 44. Factor C para mínimo laboreo en olivar (OLIVARML):

```
RUSLE 1.06c Win 32; 2/20/04
File        Exit        Help        Screen
< C Factor: results by operations 1.06c Win 32; 2/20/04 >
veg. # 1/1: OLIVAR CUBIERTA        prev. veg.: OLIVAR CUBIERTA
                    % res. cover    op.          date
operation                after op.  date        next op.    SLR     %EI
harvest in olive          86       1/15/1       2/15/1      0.025    5.9
disk harrow in oliva      12       2/15/1       3/1/1       0.129    3.7
begin growth              12       3/1/1        5/1/1       0.095   17.5
harrow            F       6        5/1/1        6/1/1       0.262   10.0
kill vegetation           17       6/1/1        9/1/1       0.233   17.8
harrow            F       4        9/1/1        12/1/1      0.367   27.8
kill vegetation           15       12/1/1       12/15/1     0.234    8.7
mulch treader     F       3        12/15/1      1/15/2      0.501    8.5
Rotation C Factor = 0.256        Veg. C Factor = 0.256
```

Imagen 45. Factor C para no laboreo y uso de herbicidas en olivar (OLIVARNL):

```
RUSLE 1.06c Win 32; 2/20/04
File        Exit        Help        Screen
< C Factor: results by operations 1.06c Win 32; 2/20/04 >
veg. # 1/1: OLIVAR CUBIERTA        prev. veg.: OLIVAR CUBIERTA
                    % res. cover    op.          date
operation                after op.  date        next op.    SLR     %EI
harvest                   0        1/15/1       1/20/1      0.566    0.8
add straw mulch           30       1/20/1       2/15/1      0.185    5.1
disk harrow in olivc      6        2/15/1       3/1/1       0.389    3.7
begin growth              6        3/1/1        4/1/1       0.239    8.7
disk harrow in oliva      1        4/1/1        6/1/1       0.44    18.8
harrow            F       0        6/1/1        9/1/1       0.48    17.8
harrow            F       0        9/1/1        10/15/1     0.522   10.7
disk harrow in olivc      0        10/15/1      12/15/1     0.538   25.9
mulch treader     F       0        12/15/1      1/15/2      0.559    8.5
Rotation C Factor = 0.46         Veg. C Factor = 0.46
```

```
RUSLE 1.06c Win 32; 2/20/04
File        Exit        Help        Screen
< P Factor - Contour Subfactor 1.06c Win 32; 2/20/04 >
                city code: 3002    CARRANQUE          TO
           ridge height code: 3
            furrow grade (%): 0.5
       equivalent slope (%): 15
      soil hydrologic class: 2
      cover/management code: 3
veg. strips or concave slope: 2

horiz. slope length (ft): 263

Contour P subfactor = 0.428
```

```
RUSLE 1.06c Win 32; 2/20/04
File        Exit        Help        Screen
< P Strips & Concave 1.06c Win 32; 2/20/04 >
specified soil texture: sandy clay loam
       number of years: 1    strip width specification code: 2
   year:     < 1 >
  strips:      5
 strip 1     3 5   15
 strip 2     3 5   15
 strip 3     3 5   15
 strip 4     3 5   15
 strip 5     3 5   5.7

horiz. slope length (ft): 263

veg. strip, concave slope sub. P = 0.848,  (sed. del. ratio = 0.466)

(press Esc to dismiss)
```

Imágenes 46, 47 y 48. Factor C y P para laboreo en curva de nivel y con cubierta vegetal en las calles del olivar (OLIVARCU).

```
RUSLE 1.06c Win 32; 2/20/04
File        Exit        Help        Screen
< C Factor: results by operations 1.06c Win 32; 2/20/04 >
veg. # 1/1: viña        prev. veg.: viña
                      % res. cover    op.          date
operation              after op.     date         next op.     SLR     %EI
moldboard plow     F      0         10/25/1      11/25/1     0.502   11.9
moldboard plow     F      0         11/25/1      3/15/2      0.5     32.7
disk har; plow     F      0         3/15/2       3/30/2      0.521    4.4
harrow             F      0         3/30/2       4/15/2      0.536    4.7
harrow             F      0         4/15/2       5/15/2      0.535    8.7
disk har; plow     F      0         5/15/2       5/20/2      0.528    1.7
mulch treader      F      0         5/20/2       6/20/2      0.553   10.1
harrow             F      0         6/20/2       8/01/2      0.535    9.4
harrow             F      0         8/01/2       9/10/2      0.535    4.6
harrow             F      0         9/10/2       10/15/2     0.535    8.6
harvest                   0         10/15/2      10/25/2     0.566    3.3
Rotation C Factor = 0.522        Veg. C Factor = 0.522
```

Imagen 49. Factor C para laboreo intensivo o normal en viñedo (VIÑALMP)-

```
RUSLE 1.06c Win 32; 2/20/04
File        Exit        Help        Screen
< C Factor: results by operations 1.06c Win 32; 2/20/04 >
veg. # 1/1: viña        prev. veg.: viña
                      % res. cover    op.          date
operation              after op.     date         next op.     SLR     %EI
molboard plow viñacu      0          11/15/1      11/30/1     0.456    5.1
add straw mulch          30          11/30/1      3/15/2      0.145   31.0
chis-disk; str.pt. F      9          3/15/2       3/30/2      0.366    4.4
harrow             F      6          3/30/2       4/15/2      0.345    4.7
harrow             F      4          4/15/2       5/15/2      0.381    8.7
chis-disk; str.pt. F      1          5/15/2       5/20/2      0.473    1.7
mulch treader      F      0          5/20/2       6/20/2      0.491   10.1
harrow             F      0          6/20/2       9/10/2      0.389   14.0
harrow             F      0          9/10/2       10/15/2     0.404    8.6
harvest in viñacu         0          10/15/2      11/15/2     0.527   11.7
Rotation C Factor = 0.342        Veg. C Factor = 0.342
```

```
RUSLE 1.06c Win 32; 2/20/04
File        Exit        Help        Screen
< P Factor - Contour Subfactor 1.06c Win 32; 2/20/04 >
city code: 3002    CARRANQUE          TO
ridge height code: 3
furrow grade (%): 0.5
equivalent slope (%): 15
soil hydrologic class: 2
cover/management code: 3
veg. strips or concave slope: 2

horiz. slope length (ft): 383

Contour P subfactor = 0.428
```

```
RUSLE 1.06c Win 32; 2/20/04
File        Exit        Help        Screen
< P Strips & Concave 1.06c Win 32; 2/20/04 >
specified soil texture: loamy sand
number of years: 1    strip width specification code: 1
year:     < 1 >
strips:     5
strip 1     3 10  15
strip 2     3 30  15
strip 3     3 50  15
strip 4     3 70  15
strip 5     3 100 5.0

horiz. slope length (ft): 383

veg. strip, concave slope sub. P = 0.777,  (sed. del. ratio = 0.461)
(press Esc to dismiss)
```

Imágenes 50, 51 y 52. Factor C y P para laboreo en curva de nivel y con cubierta vegetal en las calles del viñedo (VIÑACU).

8.3- Repoblación forestal madura:

Para **asegurar su estabilidad**, se requerirá en un futuro próximo de pequeñas claras que eliminen la competencia en zonas de alta espesura y reducir el riesgo de incendio, al existir gran cantidad de biomasa seca durante la época estival. Se debe potenciar la diversificación de la composición específica, en especial de la encina que ha dado signos de débil colonización. Ciertas áreas próximas han dejado de ser cultivadas, por lo que se podría extender la zona protectora del tramo final-medio del arroyo de San Blas de la cuenca I.

En el arroyo que atraviesa dicha repoblación se construyeron varios **diques de mampostería gavionada**, que han logrado estabilizar las laderas. A pesar de sus beneficios, se han observado **deficiencias en un lateral** de uno de los gaviones en donde aparece el fenómeno de tubificación lateral y que ha terminado por desviar el cauce del arroyo hacia esa parte.

El asiento del gavión sobre la ladera puede verse comprometido y necesita de forma urgente ser reparado. Se debe rellenar y compactar con material de la zona el "túnel" originado y plantearse la conveniencia de establecer aguas abajo de la estructura una pantalla vertical, así como una superficie horizontal de cierta longitud. Se consigue evitar la circulación del agua bajo el gavión y el descalce del gavión por la circulación de flujos subsuperficiales.

8.4- Repoblación forestal joven:

En los próximos años, debe esperarse un aumento de la fracción de cabida cubierta de estas masas y una diversificación del estrato inferior, dado que la masa se mantendrá previsiblemente bajo espesura incompleta. Sería conveniente ordenar las nuevas masas forestadas rigiéndose, si la superficie no aumenta, por planes dasocráticos sencillos.

8.5- Matorral bajo-pastizal.

Se han tomado en las últimas décadas desde diferentes instituciones y/o por iniciativa de particulares algunas medidas que han supuesto el cese o bajada de las tasas erosivas para este uso. Destaca para el uso su conversión a masa arbolada, lo que demuestra que en gran parte de los casos la recuperación o mejora del suelo es posible y viable económicamente. Las subvenciones y ayudas públicas son vitales para poder ejecutarse en plazo razonable de tiempo y con altas garantías de éxitos.

La zona de las cárcavas (cuencas de la II-XVI y parte de la cuenca I), contrariamente a lo que cabría esperarse, no han sido objeto de mayor atención. La dificultad reside en la multitud de paredes verticales y lo abrupto del terreno. Por otro lado, una repoblación forestal de carácter protector implica un acotado a la caza y el pastoreo. Estas actividades, en especial la caza, gozan de alta popularidad entre la gente de Carranque. En este sentido, la toma de medidas si los dueños de dichas parcelas lo aprueban, debe formularse de forma secuencial y aplicarse en pequeñas áreas.

De haber una posición favorable a actuar en las cárcavas, será necesario un estudio muy minucioso de dónde se actúa, qué se pretende conseguir y en qué medida afectarían las actuaciones en la caza y el pastoreo bajo diferentes horizontes temporales.

Debido a la heterogeneidad dentro del uso distinguiremos entre: "Propuestas generales de conservación de suelos" y "Propuestas de restauración y mitigación de zonas afectadas de fuertes procesos de encarcavamiento y erosión en cauce" y "otras medidas complementarias".

8.5-A. Propuestas generales de conservación de suelos:

A-1) Establecimiento de planes de ordenación y mejora de pastos:

En aquellos casos de matorral-pastizal pastados actualmente o que previsiblemente en un futuro puedan mantener una cierta campaña ganadera (tierras baldías o eriales a pastos) ofrecen multitud de posibilidades de aprovechamiento. La implantación de pastizales con especies seleccionadas o la mejora de los existentes **aumentarían el valor pascícola de estas tierras** y bien manejados preferiblemente por planes técnicos podrían ser beneficiosos desde el punto de vista erosivo. No existe una alternativa única y de efectuarse alguna actuación, el propietario y las partes interesadas deben sopesar en qué condiciones se presenta el terreno inicialmente y qué puede ofrecer en un futuro. De plantearse la repoblación forestal indicamos, en el siguiente apartado A2), las especies más aptas para tal fin.

La **parcela nº 8** es ilustrativa de los eriales. En ellos el abandono de cultivos agrícolas suele ser sucedido por la invasión de gramíneas anuales, disminuyendo cuantitativa y cualitativamente las pérdidas por erosión a valores por debajo de las 2 $t*ha^{*-1}*año^{-1}$. El efecto es muchas veces transitorio y en especial en las zonas más degradadas del sector occidental (ver **parcela nº5** de viñedo abandonado).

A-2) Repoblación forestal de las lomas menos accidentadas y llanas.

Si se decide acometer la repoblación forestal para matorral-pastizal situado en zonas de moderados a bajos riesgos erosivos, se propone hacer una repoblación mixta de carácter protector, donde la encina (***Quercus ilex***) encabeza la serie clímax, y como su asociación con ***Pinus pinea*** por ser el suelo todavía bastante arenoso (contenido en arenas > 50%) está dando buen resultado, se propone continuar con dicho binomio.

La reforestación implica una renuncia a practicar la caza y ganadería durante un plazo de tiempo variable en función de la especie elegida (menor en *Pinus* que en *Quercus*), o dependiendo de si se protege el repoblado con protector individual o mediante cercado. En principio, la repoblación tendría carácter protector frente a los procesos erosivos. Si la vocación de la **repoblación es productora**, podría plantearse la introducción directa de *Pinus pinea.*

C**omo en el caso de la parcela nº4, la aplicación de terrazas de drenaje sólo es recomendable, en principio, para laderas largas y con pendientes iguales o superiores al 15%**. En la cercanía de los arroyos pueden, no obstante, plantearse para frenar la emisión de sedimentos al río.

De efectuarse la repoblación en los términos detallados arriba, la encina será de la región de procedencia conocida como "Sur del Guadarrama" y con *Pinus pinea* de región de procedencia Valles del "Tiétar y del Alberche", según aparece en "MAPA, 2000". Para masas mixtas de *Quercus ilex* como especie principal y de *Pinus pinea* como especie auxiliar, aquí se proponen densidades de 1600 pies/ha con marco regular de 2,5 x 2,5m, alternándose a partes iguales encina y pino piñonero (SERRADA, 2000).

Nota: Para determinar si las repoblaciones pueden tener vocación productora, en terrenos exentos de graves problemas erosivos se acude a la Productividad Potencial Forestal (P.P.F.) de Gandullo y Serrada (1977). Se basa en el Índice de Paterson (I) incorporando un factor k que depende de las litofacies (GÓMEZ, 2007).

k =1,22 para arenas arco-arcillosas en España con aridez estival.

I = 187,6 --> P.P.F. =k * (5,3 * lg_{10} I – 7,4) = 5,7 m^3 madera * ha^{-1} * $año^{-1}$ →

Clase III: "*Territorios con vocación moderada para el crecimiento de bosques con vocación productora*"

8.5-B. Propuestas de restauración y mitigación de zonas afectadas de fuertes procesos de encarcavamiento y erosión en cauce.

B1) Estabilización de las laderas más afectadas de erosión si la pendiente y el terreno lo permite por repoblación forestal.

Las zonas más escarpadas del tramo occidental, que incluye a todas las cuencas, son lugares menos adecuados para plantar las dos especies mencionadas en el apartado A2) por: lo degradado del terreno y la dificultad de mecanización. Aquí, la especie elegida debería reunir las siguientes características:

- ➔ rápido crecimiento que permita el cierre del dosel arbóreo,
- ➔ sistema radical vigoroso que se ancle sobre un suelo silíceo, arenoso-franco, frugal y erosionable en pendiente altas,
- ➔ ser tolerante a un alto grado de xericidad estival.

Pinus halepensis parece ser la única que reúne dichas características, aunque por el tipo de suelo no se encuentre dentro de su óptimo.

B-2) ***Construcción de pequeños diques en los que se consiga el relleno del interior de las cárcavas por sedimentación. Recubrimiento del interior de la cárcava con especies arbustivas y arbóreas.***

Por necesitar de un estudio más extenso, sólo se menciona en el presente Proyecto. Aquí se trataría de **frenar el avance de las cárcavas**, atrapando los sedimentos y colmatándose el vaso del dique e impidiendo que estos circulen a lo largo de la cárcava debido a la resistencia que la vegetación ofrece a la circulación de caudales. La **vegetación** debe como en el caso de B2), anclar fuertemente el terreno para lo cual se puede disponer de especies arbóreas y arbustivas de fuerte y resistente sistema radical

B-3) ***Plantación lineal en la ribera del arroyo de San Blas.***

No pertenece al uso de matorral-pastizal, pero la ribera colinda frecuentemente con él. En la parte central-occidental del arroyo de San Blas se produce una incisión sobre el terreno que evacúa gran parte de la escorrentía generada en la **cuenca I**. En gran parte del arroyo, se practicó una plantación lineal con ***Populus x canadendis***, que actualmente presenta en algunas partes **síntomas de debilitamiento**.

Para disminuir el caudal punta que se genera en la parte central del arroyo tras su inserción con el Arroyo de San Blas del Arenal y de Conmaleche y mejorar la estabilidad del lecho, sería conveniente revegetar las zonas más desprotegidas con especies freatófilas a ambas márgenes del lecho. Para tal fin podríamos contar con ***Populus nigra, Populus alba, Salix atrocinerea*.**

B4) ***Establecimiento de buffer strips:***

Algunos cultivos, especialmente **el trigo**, y el **lecho del río** están muy próximos en distancia horizontal, pero la cota cambia bruscamente y hallamos **grandes paredes verticales**. Se debería establecer aquí una zona policía, conocida en otros textos como *buffer strip*, que comience al final de la ladera de cultivo y se adentre en él una mínima distancia variable entre 5 y 10 metros con repoblación forestal, para que toda la posible escorrentía disminuya. Asimismo, dado que las raíces de las especies arbóreas consiguen un buen anclaje, se evitaría en gran medida los desprendimientos por erosión en cauce.

La adopción de este tipo de medidas supone una pérdida de superficie cultivable para el agricultor. Se recomienda que el agricultor lleve a cabo la implantación y mantenimiento de dicha cubierta, recibiendo a cambio un reintegro monetario por los costes derivados de estas operaciones, por los **servicios ambientales** prestados y por la pérdida de producción proporcional a la superficie no cultivada.

En la **parte occidental** se produce **la transición entre el cultivo de cereales y la zona con mayor presencia de cárcavas. Aunque aquí la causa del problema** difiere, se puede establecerse igualmente una zona policía o buffer strip que reduciría la cantidad de sedimentos perdidos por los cultivos, que se vierten sobre estas laderas más frágiles.

B5) ***Actuación en la Autopista AP-41:***

Los puentes de la autopista AP-41, que cruzan el arroyo de San Blas del Arenal y del Carcabón (parcela nº3) requieren de un **estudio profundo para ver el grado de afección de la estructura que soporta los viales**. Posteriormente se debe proceder al aterramiento y compactación de las cárcavas producidas y la conducción de los drenes de la autopista directamente al arroyo con tubería u otro tipo de estructuras destinados a tal fin. Estas medidas como ya se mencionaron son **altamente prioritarias** y se deben tomar la seguridad vial.

8.5-C. Otras medidas complementarias:

Otros elementos a tener en cuenta son el **valor paisajístico y recreativo-cultural** que en los últimos tiempos la zona suscita. Prueba de ello es el **Parque Arqueológico** de Carranque o los diferentes itinerarios que atraviesan el municipio como la ruta de las Cárcavas entre Batres y el Parque Arqueológico, o la ruta de Don Quijote que se inicia en el Parque Arqueológico y llega a Esquivias. La creación de rutas o mejora de senderos, tienen un objetivo múltiple: atraer el turismo rural, proporcionar a los lugareños de espacios recreativos y frenar o redirigir la escorrentía superficial al fragmentar la ladera.

9. BIBLIOGRAFÍA

BAEZA, P.; DEL ESTAL, P.; GARCÍA, C.; GÓMEZ, V.; RUIZ, C.; YUSTE, J. 2002. *Manual de Viticultura.* 6ªEd. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.

DETROUX, L.; GOSTÍNCHAR, J. 1967. *Los herbicidas y su empleo*. Cap. II: Los Herbicidas. Tratados de especialización agraria. Ediciones Oikos-tau, S.A. Villasar de Mar (Barcelona).

FERNÁNDEZ, H. 2007. PFC "*Proyecto de restauración de la vegetación riparia en el tramo bajo del arroyo del Sotillo en Batres (Madrid)".* E.U.I.T. Forestal. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid.

GALÁN, P. 2003. *Árboles y arbustos de la Península Ibérica y Baleares*.

GARCIA, F.; RUIZ, F.; CANO, J.; PÉREZ J.; MOLINA, J.L. 2004. *Suelo, Riego, Nutrición y Medio Ambiente del Olivar*. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y pesca. Cursos Modulares.

GÓMEZ, V. 2007. Caracterización básica de biotopos forestales. Dpto. de Silvopascicultura. E.U.I.T. Forestal. Universidad Politécnica de Madrid. 2ªEd. Madrid. Madrid

INES, 2002. *Inventario Nacional de Erosión de Suelos 2002-2012. Comunidad de Madrid.* Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.

MANRIQUE, E. 1997. Informatizaciones "CLIMOAL". Fundación Conde del Valle Salazar. E.T.S.I. de Montes. Madrid.

MARTÍN, R. 1994. *Atlas de las Aves Nidificantes de la Comunidad de Madrid*. Agencia de Medio Ambiente de la Comunidad de Madrid. Madrid.

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación MAPA, 2000. *RESOLUCIÓN de 27 de abril de 2000, de la Dirección General de Agricultura, por la que se publica el catálogo Nacional de las Regiones de Procedencia relativo a diversas especies forestales.* BOE nº114. Madrid

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación MAPA, 2001*. Calendario de Siembra Recolección y Comercialización: Años 1996-1998*. 2001. Secretaría General Técnica. Madrid.

MORGAN, R.P.C. 1997. *Erosión y Conservación del Suelo.* Ediciones Mundi-Prensa Libros, S.A. 343 págs. Madrid.

PASTOR, M. 1990. *El no-laboreo y otros sistemas de laboreo reducido en el cultivo del olivar.* Comunicaciones Agrarias nº8. 1990. Junta de Andalucía (Consejería de Agricultura y Pesca; Dirección General de Investigación y Extensión Agrarias). Sevilla

OSCA, J.M. (2001) *Cultivos Herbáceos Extensivos: Cereales. Tema II: Métodos de Cultivo Extensivo*. Depto. de Producción Vegetal. E.U.I.T. Agrícola. Editorial: Universidad Politécnica de Valencia.

PORTA, J. y LOPEZ-ACEBEDO, M. 2005. *Agenda de campo de los suelos. Información de suelos para la agricultura y el medio ambiente.* Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.

RENARD, K.G.; FOSTER, G.R. 1997. *Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation.* Agriculture Handbook 703. USDA. Ediciones ARS. 406 págs. Washington D.C. (US)

REYNIER, A. (2001). *Manual de Viticultura. 3ªParte: Conducción del Viñedo.* 6ºEdición: Ediciones Mundi-Prensa. Madrid

RODRÍGUEZ, V. 1984. *La tierra en la comarca de la Sagra toledana: su evolución de los siglos XVI a XX*. Ediciones: Obra Cultural de la Caja de Ahorro Provincial de Toledo. 475 págs. Toledo.

ROLDÁN, M. 2011. *Apuntes de Hidrología Superficial y de Conservación de Suelos*. U.D. Hidráulica e Hidrología. E.U.I.T. Forestal. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid.

ROLDÁN, M. 2009. Manual de Usuario del Programa RUSLE. U.D. Hidráulica e Hidrología. E.U.I.T. Forestal. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid.

SERRADA, R. 2000. "*Apuntes de Repoblaciones Forestales*" de la E.U.I.T. Forestal. *Capítulo V. Introducción de las nuevas especies*. 3ªEd. Fundación Conde del Valle de Salazar. E.T.S.I de Montes. Madrid.

SERRADA, R. 2010. *Descripción de los Caracteres Culturales de las principales especies forestales de España*. E.U.I.T. Forestal. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid. Basado en: SERRADA, R.; MONTERO, M. y REQUE, J. 2008. *Compendio de Selvicultura Aplicada en España*. INIIA y FUCOVASA. Madrid.

SOMARRILLA, M. 2005. *Manual de Métodos Sencillos para estimar Erosión Hídrica. Sección: Transecto de Cárcavas*. Págs. 16-21. Managua (Nicaragua).

TOY, T. J.; FOSTER, G.R. y RENARD, G.R. 2002. *Soil Erosion. Processes, Prediction, Measurement and control*. John Wiley & Sona, Inc. New York.

Enlaces de Internet:

Agencia Estatal de Meteorología. [en línea]. Servicios Centrales. <www.aemet.es> [fecha de consulta: Agosto-Noviembre de 2011]

Asociación y Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Forestales. [en línea]. *El Parque Regional del curso Medio del Río Guadarrama y su Entorno*. Revista Foresta nº52. Págs. 282-291. [fecha de consulta: 7 de Octubre de 2011]

Blog de la Comarca de Bargas. [en línea]. Bargas. <http://bargas-la-sagra.blogspot.com/2010/08/bargas-la-sagra.html>
[fecha de consulta: 7 de Septiembre de 2011]

Blog de Miliarium Aureum, S.L. Ingeniería Civil y Medio Ambiente. [en línea] <http://www.miliarium.com/prontuario/MedioAmbiente/Suelos/Rusle.htm> [fecha de consulta: 15 de Octubre de 2011]

Blog Sabor Artesano. [en línea]. Teruel. <http://www.sabor-artesano.com/cultivo-olivo.htm> [fecha de consulta: 7 de Octubre de 2011]

Blog de Productos AGRI-NOVA Science. [en línea]. F. Xavier Martínez, F.X. 2011. Escuela Superior de Agricultura de Barcelona. Universidad Politécnica de Catalunya<http://www.infoagro.com/hortalizas/residuos_agricolas.htm> [fecha de consulta: 31 de Octubre de 2011]

Instituto Geográfico Nacional. [en línea]. Centro de Descargas; MTN25, Hoja 581-IV. Madrid. <http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp> [fecha de consulta: Agosto de 2011]

Instituto Nacional de Estadística. [en línea]. Datos demográficos municipales. <www.ine.es> [fecha de consulta: 5 de Septiembre de 2011]

Ministerio de Medio Ambiente Rural y Marino. [en línea]. *Inventario Nacional de Suelos.* <www.marm.es> [fecha de consulta: 5 de Septiembre de 2011]

10. APÉNDICES:

A1. RESUMEN CLIMATOLÓGICO DE CARRANQUE:

ÍNDICIE GENERAL DE ESTACIÓN									
ESTACIÓN	CLAVE	CARAC.	N-AÑOS		PERÍODO		COORDENADAS		
			T	P	T	P	LAT.	LONG.	ALT.
Carranque	T-280	P	-	34	-	1947-80	40-10	00-13 W	665
Illescas	T-236	T-P	27	31	1954-80	1936-80	40-09	00-07W	600

TEMPERATURA MEDIA MENSUAL DE MEDIAS													
Estación	E	F	M	A	My	J	Jl	Ag	S	O	N	D	AÑO
Carranque	5,3	6,5	9,3	12,3	17,2	21	25,1	24,4	20,1	14,8	8,6	5,3	14,2
Illescas	5,1	6,4	8,8	11,8	16,8	20,8	25,4	24,3	19,8	14,4	8,3	5,5	14,1

TEMPERATURA MEDIA DE MEDIAS DE TEMPERATURAS MÍNIMAS MENSUALES													
Estación	E	F	M	A	My	J	Jl	Ag	S	O	N	D	AÑO
Illescas	-0,1	0,3	1,9	4,4	8,9	12,4	16,1	15	12,3	7,5	2,6	0,4	6,8

MEDIA DE LAS TEMPERATURAS MÍNIMAS ABSOLUTAS MENSUALES													
Estación	E	F	M	A	My	J	Jl	Ag	S	O	N	D	AÑO
Illescas	-6	-5,1	-3,9	-1,5	3	6,6	10,4	10,2	7	1,8	-3,3	-4,5	-7,2

TEMPERATURA MEDIA DE MEDIAS DE TEMPERATURAS MÁXIMAS MENSUALES													
Estación	E	F	M	A	My	J	Jl	Ag	S	O	N	D	AÑO
Illescas	10,4	12,6	15,7	19,2	24,7	29,3	34,8	33,7	29,4	21,4	14,2	10,6	21,3

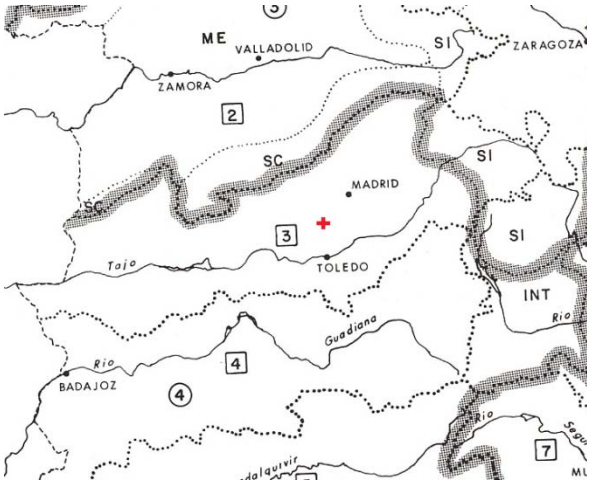
MEDIA DE LAS TEMPERATURAS MÁXIMAS ABSOLUTAS MENSUALES													
Estación	E	F	M	A	My	J	Jl	Ag	S	O	N	D	AÑO
Illescas	15,3	18,7	23,5	26,6	32,2	37	40,4	39,1	35,4	28,8	21,2	15,8	40,9

PLUVIOMETRÍA MEDIA MENSUAL													
Estación	E	F	M	A	My	J	Jl	Ag	S	O	N	D	AÑO
Carranque	50,1	50,2	41,6	44,4	42,4	23	11	10,7	32,5	45,2	52,3	58,9	462,3
Illescas	45,5	47,4	38,9	45,8	41,6	23,9	6,6	11,2	28,3	45	48,7	49,7	434,6

Tabla 21. Datos climatológicos de la estación de Carranque e Illescas.

Fuente: ARRIBA, A. y DE LA PLAZA, M. 1988. *Caracterización agroclimática de la provincia de TOLEDO*. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Ediciones Neografics, S.L. Madrid.

A2. DETERMINACIÓN DEL FACTOR R:



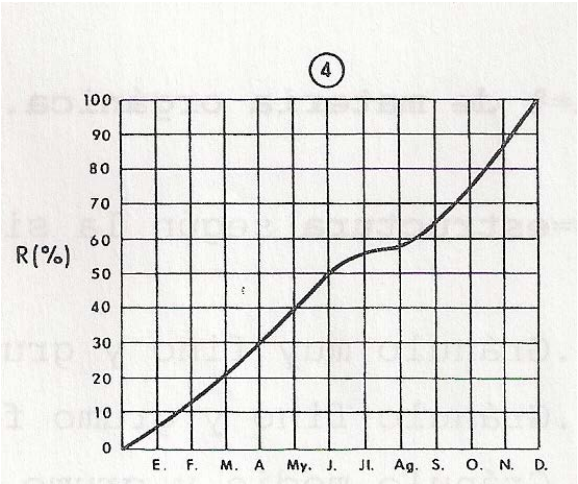


Imagen 53 y Gráfico 13. De izquierda a derecha: Mapa de Zonificación de la Distribución Mensual del Factor R y Curva de la Distribución Mensual del Factor R.*

El siguiente mapa de isoerodentas del factor K, fue elaborado por el ICONA partir de multitud de estaciones pluviométricas y pluviográficas de las zona, incluida la estación de Carranque donde se una R de 61 hJ*ha* m^2*h^{-1}.

Imagen 54. Isolíneas de los Índices de Erosividad Pluvial Medios Anuales.*Con la cruz roja se marca la posición de Carranque.

Fuentes: Instituto de Conservación de la naturaleza ICONA 1988. *Agresividad de la lluvia en España. Valor del factor R en la Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.

A3. DETERMINACIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO A PARTIR DEL CÁLCULO DEL CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO.

Una vez las muestras han sido estabilizadas en condiciones de laboratorio y pasadas por tamiz de 2mm, se realiza valoración por retroceso que consta de una serie de reacciones redox (R1. y R2.) con dicromato potásico [$K_2Cr_2O_7$] como agente valorante oxidante de concentración conocida. Éste reacciona con la disolución problema (suelo), permaneciendo el exceso inalterado. Entonces se usa un segundo valorante el sulfato ferroso amónico [Fe $(NH_4)_2$ $(SO_4)_2$ o sal de Mohr] para determinar la cantidad exacta del primer reactivo que no ha reaccionado.

R1. Oxidación del carbono: $3\ C + 2\ K_2Cr_2O_7 + 8\ H_2SO_4 \rightarrow 2Cr + 2\ K_2SO_4 + 3\ CO_2 + 8\ H_2O$

Foto 33. Oxidación del carbono con el $K_2Cr_2O_7$. Tomada por Miguel Florensa Lorente.

R2. Reducción del dicromático potásico sobrante:

$K_2Cr_2O_7 + 7\ H_2SO_4 + 6\ Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \rightarrow Cr_2(SO_4)_3 + 3\ Fe_2(SO_4)_2 + K_2SO_4 + 6\ (NH_4)_2SO_4 + 7\ H_2O$

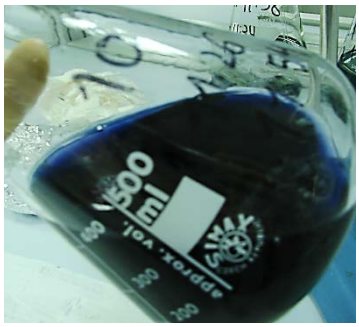


Foto 34 y 35. Viraje de la valoración para determinar el $K_2Cr_2O_7$ sobrante, del violeta oscuro al verde. Tomada por Miguel Florensa Lorente.

Siendo $N_1V_1 - N_2V_2$ = Eq consumidos por la disolución problema = V*N

N_1, N_2 N: son normalidad del valorante 1 ($K_2Cr_2O_7$), del valorante 2 (Fe (NH_4) $(SO_4)_2$) y de la disolución problema (a determinar) respectivamente. V_1, V_2, V son volúmenes del valorante 1 añadido en exceso, del valorante 2 determinado en la valoración por retroceso; y de la disolución problema de valor conocido. Sabiendo los equivalentes de carbono consumidos, podemos determinar los gramos consumidos de éste y multiplicado por el coeficiente de Waksman obtenemos los gramos de materia orgánica (M.O.) que en porcentaje es:

% M.O. = (g de C * 1,72) *100/ (g de suelo)

FICHA: Resultados del Ensayo de Laboratorio:	
Alumno: Miguel Florensa Lorente	
Supervisora: Luzmila Madrigal Ibáñez (técnica de laboratorio)	
Lugar: Laboratorio de U.D. de Química de la E.U.I.Y. Forestal	
Prueba nº 1	Parcelas: **2,4,7,10**
Fecha prueba nº 1: 18.11.2011	Hora de inicio: 9:30 Hora de fin: 14:10
Prueba nº 2	Parcelas: **2,4,7,10**
Fecha prueba nº 2: 21.11.2011	Hora de inicio: 10:30 Hora de fin: 14:00

		Valorante 1		Valorante 2		Suelo					
Parcela	**Prueba**	N1 (N)	V1 (ml)	N2 (N)	V2 (ml)	P_{suelo} (g)	V_{suelo} (ml)	N_{suelo} (N)	P_C (g)	% M.O.	**% M.O. media**
2 (matorral-pastizal umbría)	1	1	10,0	0,5003	17,4	0,501	170,0	0,0076	0,0039	1,3356	**1,3085**
	2	1	10,0	0,5003	17,5	0,502	170,0	0,0073	0,0037	1,2814	
4 (repoblación joven)	1	1	10,0	0,5003	18,7	0,253	170,0	0,0038	0,0019	1,3172	**1,3198**
	2	1	10,0	0,5003	18,7	0,252	170,0	0,0038	0,0019	1,3224	
7 (repob. madura)	1	1	10,0	0,5003	16,5	0,252	170,0	0,0103	0,0052	3,5780	**3,5851**
	2	1	10,0	0,5003	16,5	0,251	170,0	0,0103	0,0052	3,5922	
10 (matorral-pastizal solana)	1	1	10,0	0,5003	18,9	0,500	170,0	0,0032	0,0016	0,5631	**0,5373**
	2	1	10,0	0,5003	19,0	0,500	170,0	0,0029	0,0015	0,5115	
Ensayo en blanco	1	1	10,0	0,5003	20,0	-	170,0	-	-	-	-

Tabla 22. Resultados de la determinación de materia orgánica en laboratorio.

Fuentes: *Apuntes de "Prácticas de Laboratorio de Química"*. 2007. Universidad Politécnica de Madrid. E.U.I.T. Forestal. U.D. de Química. Basados en:

1. Gandullo, J.M.; Sánchez Palomares, O.; Serrada, R. 1978. *Prácticas de Geología y Edafología*. E.T.S.I. de Montes. Madrid.

2. Jackson, M.L. 1982. Soil Chemical Analysis. Prentice-Hall Inc. U.S.A. Versión Española: Análisis Químico de Suelos. 4ªEd. Omega S.A. Barcelona.

3. López Ritas, J; López Mélida, J. 1985. *El Diagnóstico de Suelos y Plantas (Métodos de Campo y de Laboratorio)*. 4ª Ed. Mundi-Prensa. Madrid.

4. White, R.E. 1987. *Introduction to the Principles and Practices of Soil Science*. 2º Ed. Blackwell Scientific Publications. London.

A4. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO Y TEXTURAL:

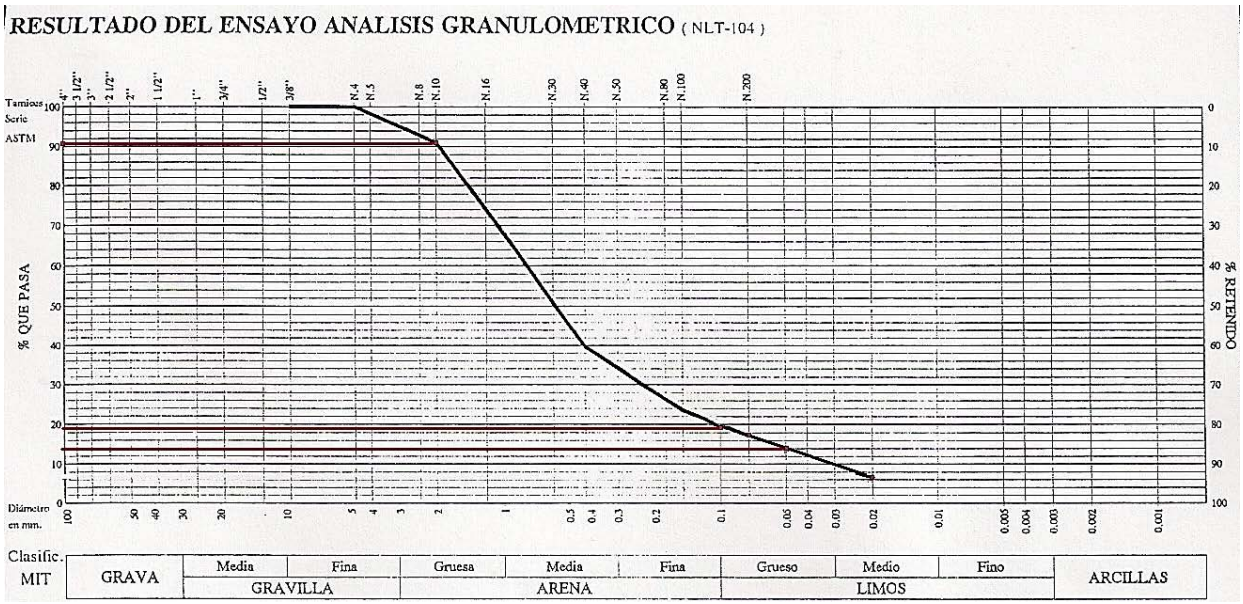


Gráfico 16. Curva granulométrica

	Arenas gruesas (0,1-2mm)	Arenas finas (0,05-0,1mm)
% Sobre el total de arenas	93,5	6,5

Tabla 23. Determinación del % de arenas finas y gruesas sobre el total de arenas.

Fuente: Estudio Geotécnico "Pasarela atirantada sobre río Guadarrama en Carranque (Toledo)". S-1, SPT-1 (PF. 1,00-1,60). Peticionario: A.I.A. Ejecutor: EPTISA. Fecha de Entrega: Octubre de 1997. Toledo.

Clasificación USDA	%Arenas (0,05-2mm)	%Limos (0,002-0,05mm)	%Arcillas (<0,002mm)
Franco arcillo-arenosa2	56,0	14,0	30,0
Franco arcillo-arenosa1	60,0	14,0	26,0
Franco arenosa	65,0	19,0	16,0
Arenosa-franca	78,0	14,0	8,0

Tabla 24. Porcentajes de arenas, limos y arcillas determinados a partir de triángulo de texturas publicado por USDA.

Entrada en RUSLE	%Arenas (0,1-2mm)	%Limos + %Arenas finas (0,002-0,1mm)	%Arcillas (<0,002mm)
Franco arcillo-arenosa2	52,4	17,6	30,0
Franco arcillo-arenosa 1	56,1	17,9	26,0
Franco arenosa	60,8	23,2	16,0
Arenosa-franca	72,9	19,1	8,0

Tabla 25. Porcentaje de los fracciones de tierra fina según texturas para la entrada en el nomograma de suelos en el programa RUSLE.

A5. CONVERSIÓN DE UNIDADES:

Parámetro	Sistema Internacional de Unidades	Sistema Americano de Unidades	Conversión
Longitud	1 m = 100 cm	" o in = 1 pulgada ft. = foot (pie)	1 " = 2,54 cm ó 25,4 mm 1 ft = 0,3048 m
Superficie	10^4 m^2 = 1 ha	ac = acre	1 ac = 0,405 ha
Peso	kg	lb = libre (libra)	1 lb = 0,454 kg
Densidad	kg * ha^{-1} kg * m^3	lb * ac^{-1} lb * ac^{-1} * in^{-1}	1 lb * ac^{-1} = 1,211 kg * ha^{-1} 1 lb * ac^{-1} * in^{-1} = 0,00441 kg* m^{-3}
Temperatura	Kelvin, K	ºF = Grados Fahrenheit	1 ºF = 1,8 * ºC +32; 273 K = 0ºC

Tabla 26. Conversión de unidades del S.I.U al S.A.U.

Factor	Unidades en RUSLE-E.E.U.U.	Factor de Multiplicación	Unidades en RUSLE-España
R	hundreds of foot ton in * (acr * yr * h)$^{-1}$	* 1,702 =	hJ*cm*(h*m2*año)$^{-1}$
K	t * acr * (hundreds of foot * acr * t * in)$^{-1}$	* 1,317 =	t * m^2 * (ha * hJ * cm)$^{-1}$*h
A	t * acr^{-1} * yr^{-1}	* 2,24* =	t * ha^{-1} * $año^{-1}$

Tabla 27. Conversión entre factores. Fuentes: Roldán, 2010.

A6. CODIFICACIÓN DE FICHAS DE CAMPO:

→ MATERIALES:

*Brújula y GPS
*Cinta métrica de 20 m (±1cm); metro de 3 m (±1mm)
*Cuerdas y estacas para delimitación de parcelas
*Peróxido de hidrógeno al 6% en peso.
*Cámara fotográfica
* Mapas topográficos, de pendientes, edafológico y de usos del suelo.
*Bolsas de tela para la recogida de muestras de suelo.

→ CODIFICACIÓN:

*Parcela: numeradas del 1 al…. n. Anotar las dimensiones de la parcela (m^2)
*Orientación: Brújula (N, NE, E, SE, S, SO, O, NO)
*Término municipal: Carranque, Ugena, Serranillos del Valle, Batres: (CA, U, SV, B)
*Fecha: dd.mm.aaaa
*Coordenadas (x, y, z): con GPS, excepto z que se consulta mapa topográfico.
*Tipo de vegetación en el mapa:
*Tipo de suelo en el mapa: Litología/Mapa de suelos
*Pendiente en el mapa topográfico
*Tipo de Erosión dominante: laminar (L); en regueros (R); en Cárcavas (C).

➔ ***Factor K:*** Se toma muestra superficial de los **15 cm superficiales**, en cuatro localizaciones dentro de la parcela y se anotan observaciones sobre la estructura y grado de desarrollo de los agregados.

* Tabla 28. Tamaño de los agregados:

Código	Descripción	Tamaño
1	Muy fina	<1mm
2	Fina	1-2mm
3	Mediana	2-5mm
4	Gruesa	>5mm

*Tabla 29 y 30. Pedregosidad superficial: Cantidad de elementos gruesos (partículas >2mm)

Proporción en Volumen		
1	Muy pocos	< 1%
2	Pocos	1-5%
3	Frecuentes	6-15%
4	Muy Frecuentes	16-35%
5	Abundantes	36-70%
6	Muy Abundantes	>70%

Tamaño (modal)		
1	Grava fina	0,2-0,6mm
2	Grava media	0,6-2cm
3	Grava gruesa	2-6cm
4	Cantos	6-25cm
5	Bloques	25-60cm
6	Bloques muy grandes	>60cm

*Tabla 31. Textura; Clasificación USDA: determinación al tacto por el procedimiento de los cilindros.

Código	Textura	Siglas
1	Arcillosa	C
2	Arcillo-limosa	SIC
3	Franco arcillo-limosa	SICL
4	Franco-limosa	SIL
5	Limosa	SI
6	Franco arcillosa	CL
7	Franca	L
8	Arcillo-arenosa	SC
9	Franco arcillo-arenosa	SCL
10	Franco arenosa	SL
11	Arenosa-franca	LS
12	Arenosa	S

*Tabla 32. Permeabilidad: conversión a partir de datos de textura de Clasificación USDA.

Código de Permeabilidad	Textura
6	SIC/C
5	SICL/SC
4	SCL/CL
3	L/SIL
2-3*	LS/SL
1	S

➔ Las arcosas no son tan permeables como los suelos sueltos más evolucionados

*Tablas 33 y 34. Materia orgánica; profundidad del horizonte con M.O. %, cambio de coloración en los 10 cm superiores.

Código	Profundidad
1	<2cm
2	2-5cm
3	5-10cm
4	>10cm

Código	Reacción de M.O con H_20_2
1	Nula (<0,5%)
2	Ligera
3	Moderada
4	Fuerte

➔ ***Factor LS:*** Tabla 35.

Forma de la ladera	L ladera en terreno (m)	Pdte. en % parcela		Uso general del suelo (Especificar)
Cóncava: CC Convexa: CX	Se contabiliza desde donde el flujo superficial comienza, hasta que se alcanza área de deposición o vía fluvial	1	< 5%	*Agrícola: -cultivos herbáceos -cultivos leñosos *Forestal-Ganadero *Otros
		2	5% ≤ y < 10%	
		3	10 ≤ y< 20%	
		4	= 20%	
		5	= 25%	
		6	=30%	
		7	= 35%	
		8	= 40%	
		9	= 45%	
		10	≥ 50%	

➔ ***Factor C:*** Tabla 36*.* Tipo de Vegetación, breve descripción de las especies de los diferentes estratos. Estrato arbóreo/arbustivo/de matorral y herbáceo (alto y bajo).

Canopy cover: Fracción de cabida cubierta arbórea y de vegetación de más de 1 pie de altura.	
Altura efectiva de caída (m): altura media de caída de la gota debido a la intercepción de las copas de los árboles o cubiertas vegetales	
Grado de recubrimiento del suelo (incluye cubierta de residuos, terófitas y pedregosidad)	
¿Ha sido perturbado mecánicamente?	No Sí, en qué medida
Altura media de la rugosidad	Muestreo en varios puntos de R máx. y R mín. *Random roughness*
Tipo de Erosión predominante	*Laminar (L); en regueros (R); en Cárcavas (C).*
Abundancia de raíces : *Nula (N);* *Muy poca (MP);* *Poca (P)* *Medianamente abundante (MdA);* *Abundante (A);* *Muy Abundante (MA)*	Muy finas (<1mm)
	Finas (1-2mm)
	Medias (2-5mm)
	Gruesas (>5mm)

➔ ***Factor P:*** Tabla 37. Ver fichas de campo. Anotar todo tipo de información que pudiera ser relevante.